

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA
SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



**METODOLOGIA PARA PREDICCIÓN DE
RENDIMIENTO Y NIVEL DE RIESGO EN
AGRICULTURA DE SECANO PARA *Zea mays* L.**

POR

JOSE DIMAS LOPEZ MARTINEZ

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS AGRICOLAS
CON ESPECIALIDAD EN AGUA-SUELO**

AGOSTO 1997



TD
SB191
.M2
L6
c.1



1080071716

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA
SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



*METODOLOGIA PARA PREDICCION DE RENDIMIENTO Y NIVEL
DE RIESGO EN AGRICULTURA DE SECANO
PARA Zea mays L.*

Por

JOSE DIMAS LOPEZ MARTINEZ

Como requisito parcial para obtener el Grado de
DOCTOR EN CIENCIAS AGRICOLAS con especialidad
en Agua - Suelo

Agosto, 1997

12751

TD
SB191
•H2
L6

1995
5

Bureau Central
ANL
FO
LS
(71716)

Bureau Central
ANL
FONDO
TESS DOCTORADO

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA
SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



***METODOLOGIA PARA PREDICCION DE RENDIMIENTO Y NIVEL
DE RIESGO EN AGRICULTURA DE SECANO
PARA *Zea mays* L.***

Por

JOSE DIMAS LOPEZ MARTINEZ

**Como requisito parcial para obtener el Grado de
DOCTOR EN CIENCIAS AGRICOLAS con especialidad
en Agua - Suelo**

Agosto, 1997

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi agradecimiento más sincero al Dr. en Ciencias Juan Fco. Pissani Zuñiga Asesor principal de mi tesis, por su gran apoyo, tiempo y dedicación brindada durante mi formación y a quien estaré por siempre agradecido. A los Doctores en Ciencias Francisco Zavala García, Emilio Olivares Saénz, Rigoberto Vázquez Alvarado y Carlos Hernández Yáñez, integrantes de mi comité particular de tesis, por sus valiosas sugerencias e interés en la revisión del presente trabajo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo económico para la realización de mis estudios.

A la Universidad Juárez del Estado de Durango que me otorgó las facilidades necesarias tanto de tiempo como económicas y a donde me reintegraré como maestro-investigador.

A la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León por los conocimientos adquiridos durante mi estancia, los cuales permitirán un desarrollo pleno en mi disciplina de trabajo.

Al Ph. D. Carlos Hernández Yáñez integrante del comité particular de tesis le brindo un reconocimiento especial por las facilidades y atenciones otorgadas en la estancia que realicé durante el desarrollo del trabajo de campo en el verano de 1994 y 1995. Durante su gestión como director del centro nacional de investigación disciplinaria en relaciones agua-suelo-planta-atmósfera(CENID-RASPA), así como sus sugerencias y consejos para mejorar el escrito de tesis.

RESUMEN AUTOBIOGRAFICO

José Dimas López Martínez

Candidato para el Grado de Doctor en Ciencias Agrícolas con Especialidad en Agua-Suelo.

Tesis: METODOLOGIA PARA PREDICCIÓN DE RENDIMIENTO Y NIVEL DE RIESGO EN AGRICULTURA DE SECANO PARA *Zea mays* L.

Area de Estudio: Agricultura de Secano, Manejo de Cuencas, Estadística.

Biografía

Datos personales: Nacido en Cd. Lerdo, Durango el 27 de Noviembre de 1957, hijo de José Dimas López Trejo y Carlota Martínez Aguilar.

Educación:

- i) Egresado de la Universidad Juárez del Estado de Durango, grado obtenido Ingeniero Agrónomo Fitotecnista en 1982.**
- ii) Egresado del Centro de Investigación y Graduados Agropecuarios del Instituto Tecnológico Agropecuario No. 10, grado obtenido Maestro en Ciencias con especialidad en Recuperación de suelos, primer lugar en la generación.**

Experiencia Profesional:

Maestro de tiempo completo de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango desde 1986. Dedicado a tareas de docencia e investigación.

Otros:

- i) Miembro del Sistema Nacional de Investigadores como Candidato a Investigador Nacional de 1991-1994 y 1994-1995.**
- ii) Publicaciones Científicas en Terra; y memorias de Congresos Nacionales e Internacionales.**

DEDICATORIA

A mis padres por haberme dado la existencia, lo cual permitió llegar a este momento y a quien en esencia debo lo que soy.

A mis hermanos José Luis, José Carlos, Margarita, María de los Angeles, Yolanda Elena, José Hilario y Jorge Luis con los cuales compartí parte de mi existencia, y a quienes siempre tengo en mi mente y corazón.

A mi querida esposa Rebeca Ibon con la cual he compartido los momentos gratos y difíciles de mi vida, y quien a pesar de todo se ha mantenido como la compañera fiel y cariñosa que todo hombre necesita.

A mis hijos Rebeca Ivonne y José Dimas quienes son el tesoro más grande que poseo, y son causas de mis desvelos y preocupaciones, pero a la vez motor de mi existencia y que sin ellos saberlo me dan la fuerza necesaria para seguir adelante.

A mi Alma Mater la Facultad de Agricultura y Zootecnia por haber sido la primera Institución que me formó y a quien debo todo el apoyo otorgado durante mi formación profesional.

INDICE

	Página
LISTA DE CUADROS	viii
LISTA DE FIGURAS	x
APENDICE	xi
RESUMEN	xiv
SUMMARY	xv
1. INTRODUCCION	1
1.1 Hipótesis.....	3
1.2 Objetivos.....	3
2. LITERATURA REVISADA	4
2.1. Modelos de predicción de rendimiento mediante técnicas de regresión.....	4
2.2. Análisis de riesgo en zonas áridas.....	7
2.3. Sistemas de desierto.....	9
2.4. Escurrimiento superficial.....	10
2.5. Simulación de cosecha de agua.....	12
2.6. Sistemas de cosecha de agua.....	13
2.3. Trabajos desarrollados en cosecha de agua.....	13
3. MATERIALES Y METODOS	16
3.1 Localización geográfica.....	16
3.2 Características climáticas.....	17
3.3 Características edáficas.....	17
3.4 Trabajo de campo.....	17
3.5 Variables de campo (1994, 1995).....	18
3.6 Estimación de la humedad en el suelo.....	19
3.7 Diseño experimental.....	19
3.8 Metodología.....	19
3.8.1. Primera etapa.....	19
3.8.2. Segunda etapa.....	21
3.8.3. Tercera etapa.....	23
4. RESULTADOS Y DISCUSION	26
4.1 Condiciones climáticas.....	26

	Página
4.1.1 Año 1994.....	26
4.1.2 Año 1995.....	27
4.2 Resultados por etapas.....	28
4.2.1 Primera etapa.....	28
4.2.2 Segunda etapa.....	44
4.2.3 Tercera etapa.....	51
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	56
6. LITERATURA CITADA.....	57
7. APENDICE	64

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Ejemplo de una tabla de contingencia de 2*2 para maíz. Fco. Villa, Dgo. 1994	25
2. Ecuaciones de regresión y coeficientes de determinación (R^2) y variación(CV), para rendimiento de grano en función de la humedad en las diferentes etapas fenológicas en maíz Blanco Hualahuis. Fco. Villa, Dgo. 1994.....	29
3. Ecuaciones de regresión y coeficientes de determinación (R^2) y variación(CV), para rendimiento de grano en función de la combinación de la humedad en dos etapas fenológicas en maíz Blanco Hualahuis. Fco. Villa, Dgo. 1994.	30
4. Ecuaciones de regresión y coeficientes de determinación (R^2) y variación(CV), para rendimiento de grano en función de la combinación de la humedad en tres y cuatro etapas fenológicas en maíz Blanco Hualahuis. Fco. Villa, Dgo. 1994.....	30
5. Ecuaciones de regresión y coeficientes de determinación (R^2) y variación(CV), para rendimiento de grano en función de la humedad en las diferentes etapas fenológicas en maíz Blanco Hualahuis. Fco. Villa, Dgo. 1995.....	31
6. Ecuaciones de regresión y coeficientes de determinación (R^2) y variación(CV), para rendimiento de grano en función de la combinación de la humedad en dos etapas fenológicas en maíz Blanco Hualahuis. Fco. Villa, Dgo. 1995.....	32
7. Ecuaciones de regresión y coeficientes de determinación (R^2) y variación(CV), para rendimiento de grano en función de la combinación de la humedad en tres y cuatro etapas fenológicas en maíz Blanco Hualahuis. Fco. Villa, Dgo. 1995.....	33
8. Ecuaciones de regresión y coeficientes de determinación (R^2) y variación(CV), para rendimiento de grano en maíz H-412 en función de la humedad en las diferentes etapas fenológicas. Fco. Villa, Dgo. 1994.....	34
9. Ecuaciones de regresión y coeficientes de determinación (R^2) y variación(CV), para rendimiento de grano en función de la humedad en dos etapas fenológicas en maíz H-412. Fco. Villa, Dgo. 1994.....	34
10. Ecuaciones de regresión y coeficientes de determinación (R^2) y variación(CV), para rendimiento de grano en función de la humedad en tres y cuatro etapas fenológicas en maíz H-412. Fco. Villa, Dgo. 1994.....	35
11. Ecuaciones de regresión y coeficientes de determinación (R^2) y variación(CV), para rendimiento de grano en maíz H-412 en función de la humedad en las diferentes etapas fenológicas. Fco. Villa, Dgo. 1995.....	35

12. Ecuaciones de regresión y coeficientes de determinación (R^2) y variación(CV), para rendimiento de grano en maíz H-412 en función de la humedad en dos etapas fenológicas. Fco. Villa, Dgo. 1995.....	36
13. Ecuaciones de regresión y coeficientes de determinación (R^2) y variación(CV), para rendimiento de grano en maíz H-412 en función de la humedad en tres y cuatro etapas fenológicas. Fco. Villa, Dgo. 1995.....	36
14. Modelos seleccionados en la etapa de regresión considerando rendimiento de grano y la humedad en las diferentes etapas fenológicas para maíz Blanco Hualahuisés y H-412. Fco. Villa, Dgo. 1994-1995.....	39
15. Variables de entrada a los modelos de rendimiento de grano en función de la humedad en diferentes etapas fenológicas y densidad de población para los dos genotipos. Fco. Villa, Dgo. 1994-1995.....	40
16. Valores de rendimiento de grano (ton/ha) observados y predichos por el modelo de riesgo para maíz Blanco Hualahuisés. Fco. Villa, Dgo. 1994.....	46
17. Valores de rendimiento de grano (ton/ha) observados y predichos por el modelo de riesgo para maíz Blanco Hualahuisés. Fco. Villa, Dgo. 1995.....	47
18. Valores de rendimiento de grano (ton/ha) observados y predichos por el modelo de riesgo para maíz H-412. Fco. Villa, Dgo. 1994.....	48
19. Valores de rendimiento de grano (ton/ha) observados y predichos por el modelo de riesgo para maíz H-412. Fco. Villa, Dgo. 1995.....	49
20. Rendimiento de grano (ton/ha) y lámina de agua (cm) a la siembra en maíz Blanco Hualahuisés y H-412 por parcela. Fco. Villa, Dgo. 1994.....	52
21. Rendimiento de grano (ton/ha) y lámina de agua (cm) a la siembra en maíz Blanco Hualahuisés y H-412 por parcela. Fco. Villa, Dgo. 1995.....	53
22. Resultados de la interacción de X^2 para rendimiento de grano en maíz Blanco Hualahuisés 1994 y Blanco Hualahuisés y H-412 en 1995. Fco. Villa, Dgo.....	54

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Localización geográfica de la Comarca Lagunera. Predicción de rendimiento y riesgo en agricultura de secano.....	16
2. Comportamiento del clima(evaporación y precipitación). Fco. Villa, Dgo. 1994. Predicción de rendimiento y riesgo en agricultura de secano.....	26
3. Comportamiento del clima(evaporación y precipitación). Fco. Villa, Dgo. 1995. Predicción de rendimiento y riesgo en agricultura de secano.....	28
4. Valores observados y predichos para el modelo con los componentes humedad a la siembra(H1), humedad a diferenciación floral(H2), y densidad de población en maíz Blanco Hualahuises. Fco. Villa, Dgo. 1994-1995. Predicción de rendimiento y riesgo en agricultura de secano	43
5. Valores observados y predichos para el modelo con los componentes humedad a la siembra(H1), humedad a diferenciación floral(H2), y densidad de población para maíz H-412. Fco. Villa, Dgo. 1994-1995. Predicción de rendimiento y riesgo en agricultura de secano.....	43
6. Valores observados y predichos por los modelos de riesgo en maíz (a)Blanco Hualahuises y (b)H-412. Fco. Villa, Dgo. 1994. Predicción de rendimiento y riesgo en agricultura de secano.....	50
7. Valores observados y predichos por los modelos de riesgo en maíz (a)Blanco Hualahuises y (b)H-412. Fco. Villa. Dgo. 1995. Predicción de rendimiento y riesgo en agricultura de secano.....	50
8. Interacción de X ² para maíz Blanco Hualahuises. Fco. Villa, Dgo. 1994. Predicción de rendimiento y riesgo en agricultura de secano.....	54
9. Interacción de X ² para maíz (a)Blanco Hualahuises y (b)H-412. Fco. Villa, Dgo. 1994-1995. Predicción de rendimiento y riesgo en agricultura de secano.....	55

A. N. L. L. A
 U
 A G R O N O M I A
 U
 A G R O N O M I A

APENDICE

Cuadro	Página
A1. Variables evaluadas en maíz Blanco Hualahuisés. Fco. Villa, Dgo. 1994.....	64
A2. Variables evaluadas en maíz Blanco Hualahuisés. Fco. Villa, Dgo. 1995.....	67
A3. Variables evaluadas en maíz H-412. Fco. Villa, Dgo. 1994.....	69
A4. Variables evaluadas en maíz H-412. Fco. Villa, Dgo. 1995.....	71
A5. Análisis de Varianza para rendimiento de grano en función de la humedad en cuatro etapas fenológicas en maíz Blanco Hualahuisés. Fco. Villa, Dgo. 1994.....	73
A6. Análisis de Varianza para rendimiento de grano en función de la combinación de humedad en dos etapas fenológicas en maíz Blanco Hualahuisés. Fco. Villa, Dgo. 1994.....	73
A7. Análisis de Varianza para rendimiento de grano en función de la combinación de la humedad en tres etapas fenológicas en maíz Blanco Hualahuisés. Fco. Villa, Dgo. 1994.....	74
A8. Análisis de Varianza para rendimiento de grano en función de la combinación de humedad en cuatro etapas fenológicas en maíz Blanco Hualahuisés. Fco. Villa, Dgo. 1994.....	74
A9. Análisis de Varianza para rendimiento de grano en función de la humedad en cuatro etapas fenológicas en maíz Blanco Hualahuisés. Fco. Villa, Dgo. 1995.....	75
A10. Análisis de Varianza para rendimiento de grano en función de la combinación de humedad en dos etapas fenológicas en maíz Blanco Hualahuisés. Fco. Villa, Dgo. 1995.....	75
A11. Análisis de Varianza para rendimiento de grano en función de la combinación de la humedad en tres etapas fenológicas en maíz Blanco Hualahuisés. Fco. Villa, Dgo. 1995.....	76
A12. Análisis de Varianza para rendimiento de grano en función de la combinación de humedad en cuatro etapas fenológicas en maíz Blanco Hualahuisés. Fco. Villa, Dgo. 1995.....	76
A13. Análisis de Varianza para rendimiento de grano en función de la humedad en cuatro etapas fenológicas en maíz H-412. Fco. Villa, Dgo. 1994.....	77
A14. Análisis de Varianza para rendimiento de grano en función de la combinación de humedad en dos etapas fenológicas en maíz H-412. Fco. Villa, Dgo. 1994.....	77

A15. Análisis de Varianza para rendimiento de grano en función de la combinación de la humedad en tres etapas fenológicas en maíz H-412. Fco. Villa, Dgo. 1994.....	78
A16. Análisis de Varianza para rendimiento de grano en función de combinación de humedad en cuatro etapas fenológicas en maíz H-412. Fco. Villa, Dgo. 1994.....	78
A17. Análisis de Varianza para rendimiento de grano en función de la humedad en cuatro etapas fenológicas en maíz H-412. Fco. Villa, Dgo. 1995.....	79
A18. Análisis de Varianza para rendimiento de grano en función de la combinación de humedad en dos etapas fenológicas en maíz H-412. Fco. Villa, Dgo. 1995.....	79
A19. Análisis de Varianza para rendimiento de grano en función de la combinación de humedad en tres etapas fenológicas en maíz H-412. Fco. Villa, Dgo. 1995.....	80
A20. Análisis de Varianza para rendimiento de grano en función de combinación de humedad en cuatro etapas fenológicas en maíz H-412. Fco. Villa, Dgo. 1995.....	80
A21. Análisis de Varianza para rendimiento de grano en función de la combinación de humedad en dos etapas fenológicas y densidad de población en maíz Blanco Hualahuises y H-412. Fco. Villa, Dgo. 1994-1995.....	80
A22. Pruebas de "t" para los coeficientes de regresión relacionando humedad a la siembra(H1), diferenciación floral (H2), antesis(H3), y a llenado de grano(H4) en los genotipos de maíz Blanco Hualahuises(BH) y H-412. Fco. Villa, Dgo. 1994-1995.....	81
A23. Pruebas de "t" para los coeficientes de regresión relacionando humedad a la siembra(H1), y diferenciación floral (H2) en los genotipos de maíz Blanco Hualahuises (BH) y H-412. Fco. Villa, Dgo. 1994-1995.....	82
A24. Pruebas de "t" para los coeficientes de regresión relacionando humedad a la siembra(H1), diferenciación floral (H2) y densidad de población(DP) en los genotipos de maíz Blanco Hualahuises(BH) y H-412. Fco. Villa, Dgo. 1994-1995.....	83
A25. Valores observados y predichos por el modelo de regresión que combina rendimiento de grano, humedad a la siembra (H1), humedad a diferenciación floral (H2) y densidad de población en maíz Blanco Hualahuises. Fco. Villa, Dgo. 1994.....	84
A26. Valores observados y predichos por el modelo de regresión que combina rendimiento de grano, humedad a la siembra(H1), y densidad de población en maíz Blanco Hualahuises. Fco. Villa, Dgo. 1995.....	85
A27. Valores observados y predichos por el modelo de regresión que combina rendimiento de grano, humedad a la siembra(H1), humedad a diferenciación floral (H2) y densidad de población en maíz H-412. Fco. Villa, Dgo. 1994.....	86

**A28. Valores observados y predichos por el modelo de regresión que combina
rendimiento de grano, humedad a la siembra(H1), y densidad de población en maíz
H-412. Fco. Villa, Dgo. 1995.....87**

RESUMEN

José Dimas López Martínez

Fecha de Graduación: Agosto de 1997

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Agronomía

Título del Estudio: Metodología para Predicción de Rendimiento y Nivel de Riesgo en Agricultura de Secano para *Zea mays* L.

Número de Páginas: 67

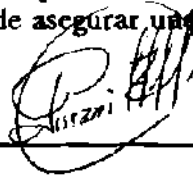
**Candidato para el Grado de
Doctor en Ciencias Agrícolas
con Especialidad en Agua-Suelo**

Áreas de Estudio: Agricultura de Secano, Manejo de Cuencas, Estadística.

Propósitos y Métodos de Estudio: La producción de cultivos en las zonas de secano a nivel mundial es función de los factores que se presentan en forma natural en el ambiente, y de la distribución del clima en tiempo y espacio. Para lograr un aprovechamiento integral de los recursos y disminuir riesgos en la producción es necesario desarrollar metodologías que integren suelo, clima, planta y sus interacciones. Los propósitos de la investigación fueron: generar modelos de predicción de rendimiento de grano; y proponer una metodología basada en análisis de riesgo que defina el nivel de riesgo para esta agricultura. Para ello se establecieron en Foo Villa Dgo., durante los ciclos de verano 1994 y 1995, 48 parcelas que se sembraron con los genotipos de maíz (Blanco Hualahuises y H-412). El contenido de agua en el suelo fue estimado por parcela en las fechas asociadas a la siembra, diferenciación floral, antesis (floración) y llenado de grano. La humedad se registró en los estratos 0-30, y 30-60 cm. La identificación de variables significativas y modelos de predicción fue realizada por la metodología de análisis de regresión simple y múltiple, el cálculo del análisis de riesgo climático fue realizado por mediciones de estabilidad de la varianza de los cultivares, y la interacción de X^2 definió los rangos de lámina de agua a la siembra a que se obtienen los rendimientos por el modelo generado.

Contribuciones y Conclusiones: El uso de modelos de regresión múltiple para predicción de rendimiento basados en características de suelo y densidad de población establecen una mejor inferencia sobre rendimiento de grano, comparado con modelos que incluyan únicamente humedad del suelo. Considerándose que la metodología que se desarrolló funciona para realizar predicciones de rendimiento en años futuros, combinado con el análisis de riesgo y la interacción de X^2 que define el momento de la siembra, estas metodologías son una herramienta valiosa para decidir el establecimiento del cultivo y predecir rendimientos con 70% de éxito de asegurar una producción arriba de la normal.

FIRMA DEL ASESOR PRINCIPAL:



SUMMARY

José Dimas López Martínez

Graduation: August, 1997

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Agronomía

Title of the Research Work: Methodology for yield prediction and level of risk in rainfed agricultural for *Zea mays* L.

Number of Pages: 87

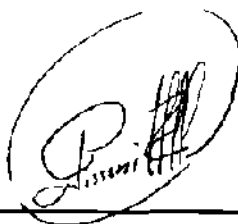
**Candidate to obtain the Doctor
in Agricultural Sciences degree
Water and Soil Sciences**

Subjects of the Research Work: Rainfed agricultural. Hydrological Valley, Statistics.

Aims and Methods of the Research Work: World crop production under dry land conditions is affected by environmental factors and climate variability. In order to make integral use of natural resources and decrease the risk in crop production is necessary to develop methodologies that involve the soil, climate, plant and their interactions. The main goals of this research were a) to generate prediction models of yield and b) to develop a methodology that, according to the risk analysis, will define the risk for these agricultural conditions. Forty eight plots of corn were established in the ejido Fco. Villa. Dgo. during the summer of 1994 and 1995, using Blanco Hualahuises and H-412 genotypes. Soil moisture was monitored by plot at planting date, flowering differentiation, at the end of flowering, and maturity. Soil samples were take at 0-30 and 30-60 cm depth. The plant parameters measured and yield prediction models were determined by multiple and simple regression; climate risk was determined by the variance stability analysis of cultivars. The interaccion of x^2 defined the range of water storage at planting and was the same at wich the models of yield were obtained.

Contribution and Conclusions: The use of multiple regression models to predict yield as function of soil characteristics and population density had a good fit and indicated that those two factors had a strong effect on grain yield. Consequently, the methodology generated had very good fit and may be used to make predictions of yield in the future. Considering that risk analysis and X^2 interaction can be used to decide if a specific crop may be planted and simulate yields with 70% of success over of the mean under dry land conditions.

MAIN ADVISOR SIGNATURE: _____



1. INTRODUCCION

La producción de cultivos en las zonas de secano a nivel mundial es función de la expresión de los factores que se presentan en forma natural en el ambiente, y de la distribución del clima en tiempo y espacio. Para lograr un aprovechamiento integral de los recursos y disminuir riesgos en la producción es necesario desarrollar metodologías que integren los factores suelo, clima, planta y sus interacciones que ayuden a la toma de decisiones en este tipo de agricultura (Hernández et al.,1993).

México, tiene una superficie de 58;701,828 ha de zonas áridas y 21;077,502 ha de zonas semiáridas; esta superficie representa cerca del 42 % del territorio nacional. De un total de 23 millones de hectáreas de tierra laborable, unos 18.5 millones (84.4 %) corresponden a terrenos de temporal (Velasco, 1983).

La tendencia en la reducción de la superficie irrigada en la Laguna, es palpable ya que de 162,000 hectáreas dedicadas a la agricultura de riego por gravedad y 30,000 por bombeo hasta 1986, en los últimos años se ha reducido la superficie sembrada, debido a que las fuentes de abastecimiento de agua(presa Foo. Zarco y Lázaro Cárdenas) no alcanzan a cubrir las necesidades de la región, ya que el manto friático se ha ido abatiendo a razón de 1.5 m/año.

Lo anterior hace necesario aprovechar eficientemente las 56,478 hectáreas dedicadas al cultivo de secano, y tratar de incorporar a ésta agricultura, una parte de las 4;311,734 dedicadas al uso pecuario y forestal (Ortega, 1990). Sin embargo, ello implica desarrollar una tecnología que garantice la obtención de cosechas.

Se considera que la agricultura de secano contempla áreas en donde se aprovecha además de la lluvia in-situ, el escurrimiento superficial generado en estas zonas; mientras que en agricultura de temporal únicamente se utiliza la precipitación durante el ciclo de cultivo, ya que esta es mayor que en secano (Velasco, 1983).

La agricultura que se práctica en las áreas de secano, tiene como principal limitante la precipitación pluvial, tanto en cantidad como en distribución. Sin embargo, la lluvia no siempre es el mejor parámetro para utilizarse en la caracterización de una región en cuanto

a la disponibilidad de agua para las plantas. Nix y Fitzpatrick (1969); Ephrat (1972); Goos et al. (1984); y Villalpando (1985), consideran que el agua almacenada en el suelo a disposición de las plantas, puede ser un mejor parámetro que la lluvia, para usarse como indicador del éxito o fracaso del cultivo. Por lo tanto se puede emplear como una herramienta en la toma de decisiones.

Los estudios sobre la respuesta de los cultivos a las variaciones en los factores del ambiente físico son de especial interés en agrometeorología, considerándose que la producción de cosechas ha sido relacionada a datos climáticos en muchas ocasiones con grados variantes de éxito (Oury,1965); sin embargo, pocas aplicaciones a gran escala de modelos clima-cultivo han sido retomados. Los reportes sobre el impacto del clima en la agricultura señalan las dificultades envueltas cuando se relacionan variables meteorológicas y rendimiento de cultivos (Shaw, 1964).

Se considera que no existen sistemas de almacenamiento de agua(terrazas, sistemas de captación de agua, surcos al contorno, aljibes, etc.) que se adapten bien a todos los sitios o necesidades (Frasier, 1985); sin embargo, el sistema puede ser seleccionado tomando en cuenta el clima, el suelo y las necesidades de agua. Además los sistemas anteriores dependen de la situación económica de los usuarios; esto es de gran importancia en áreas de secano de países en desarrollo donde la agricultura tradicional y de subsistencia son caracterizados por: a) agricultura de tipo extensiva con rendimientos unitarios bajos, b) niveles tecnológicos y económicos bajos, y c) entradas escasas de créditos, capital, asistencia técnica y fuentes de energía (Anaya, 1987).

En estas áreas, una alternativa que pudiera funcionar, es el uso de modelos de predicción para tomar decisiones que estimen rendimientos de cultivos en función de variables físicas y condiciones climatológicas. Esta herramienta puede ser el uso de modelos que apoyen la toma de decisiones para definir el nivel de incertidumbre o riesgo climático (Eskridge, 1990).

La agricultura de incertidumbre climática es entonces el principal problema entre los que toman decisiones. Considerando que aunque las técnicas de cosecha de agua han mostrado ser útiles bajo situaciones de escasez de agua, el análisis de riesgo, puede tener un rol principal en los procesos de toma de decisiones (Sánchez, 1994).

1.1 HIPOTESIS

a.- Los modelos de predicción obtenidos bajo ambientes de riesgo climático pueden ser usados para cuantificar el rendimiento de maíz: por lo tanto se pueden generar modelos para agricultura de secano.

b.- El momento de siembra está en función de la lámina de agua almacenada en el suelo: por consiguiente se puede generar un modelo para tomar la decisión de sembrar.

1.2 OBJETIVOS

Los objetivos fundamentales fueron:

a) Generar modelos de predicción de rendimiento de grano en base a los factores de suelo y densidad de población para condiciones de secano.

b) Desarrollar un modelo basado en la lámina de agua almacenada en el suelo a la siembra que permita tomar la decisión de sembrar.

2. LITERATURA REVISADA

2.1. Modelos de predicción de rendimiento mediante técnicas de regresión.

Lomas (1981) consideró que los efectos del clima y el tiempo en el rendimiento de las plantas han sido de gran interés. Las relaciones entre fenómenos meteorológicos y el crecimiento, desarrollo y rendimiento de cultivos agrícolas no es todavía completamente entendido. Los estudios en análisis de crecimiento han proporcionado mucha información sobre los efectos de los factores climáticos en la actividad fotosintética en el rango de crecimiento de las plantas y acumulación de peso seco. Sin embargo, estos efectos son difíciles de integrar sobre el período de crecimiento total para describir el efecto del clima y el tiempo en el rendimiento final. Teniendo estas limitaciones presentes, se han hecho muchos ensayos para correlacionar elementos climáticos con rendimiento para proporcionar un método práctico cuantitativo para el análisis del clima y el tiempo sobre la producción de cultivos.

Nix y Fitzpatrick (1969) consideraron que los modelos para conteo de balance de agua, han sido usados por muchos años en irrigación e investigaciones hidrológicas y en climatología descriptiva general. Tales modelos tienen amplia utilidad agroclimatológica, lo cual ha sido demostrado en estudios regionales ayudando a evaluar ocurrencia de sequía (Vanbavell y Lillard, 1957), determinando la longitud de la estación de crecimiento (Slatyer, 1960), y ensayando adaptabilidad del clima para varios cultivos (Brichambaut y Wallen, 1963). También tales modelos han sido usados con notable éxito para predecir rendimiento de grano. La habilidad para predecir rendimiento de cultivos por medio de modelos de balance de agua, es especialmente ventajoso en regiones agrícolas desarrolladas recientemente donde la experiencia no provee información sobre reducciones de rendimientos debidos al clima. Pocas aplicaciones de escala grande de modelos clima-cultivo han sido retomados. Shaw (1964) señaló las dificultades envueltas en relación de variables meteorológicas y rendimiento de cultivos. Datos meteorológicos standard usados en regresiones lineales simples o múltiples, fueron encontrados inadecuados para explicar las relaciones clima-cultivo (Moss, 1965; Dermine y Klinck, 1966).

La humedad del suelo sería una relación más cercana al crecimiento de las plantas y producción de cultivos que cualquier elemento meteorológico simple; en efecto, altas correlaciones entre rendimiento de grano y humedad del suelo observada, particularmente al momento de la siembra han sido establecidas para algunas localidades. Desafortunadamente, registros de largo tiempo de humedad aprovechable en el suelo para investigación estadística cuantitativa en relaciones humedad del suelo-cultivo no se encuentran disponibles. La humedad del suelo estimada a través de técnicas de balances meteorológicos, han sido exitosamente usadas para calendarizar y planear el riego y en algunos casos para zonificación de cultivos y clasificaciones agroclimáticas. Pero solo pocos ensayos han sido hechos para relacionar la humedad del suelo estimada con el crecimiento de las plantas y rendimiento de cultivo bajo condiciones de zonas áridas (Holmes y Robertson, 1963).

Bajer y Robertson (1968) realizaron un experimento en donde se estudió el rendimiento de trigo en 39 plantaciones a lo largo del Canadá durante cinco ciclos. Se relacionó la humedad, temperatura máxima y mínima. La humedad del suelo diaria estimada en seis zonas fueron obtenidas por medio de rastreadores de balance de agua portátiles, los cuales requieren como entrada solo datos climáticos, valores astronómicos tabulados y conocimiento sobre características de humedad del suelo. El mejor modelo de humedad del suelo se comparó con el uso directo de datos climatológicos para estimar rendimiento de grano, demostrando un coeficiente de correlación muy alto, bajos coeficientes de variación y bajos errores standard de estimación. Cuando los rendimientos estimados de los modelos estadísticos fueron correlacionados con rendimientos actuales, los análisis de correlación múltiple indicaron que la humedad del suelo estimada por la técnica descrita, fue el mejor estimador del rendimiento, seguido en orden por temperatura máxima y mínima, y la lluvia se encontró inadecuada como una base para la estimación de rendimiento.

Goos et al. (1984) mencionaron que la cantidad de agua almacenada en el suelo a la siembra, tiene una gran importancia como factor crítico en el éxito de producciones de trigo de primavera anuales en la región semiárida de las grandes planicies norteñas de Estados Unidos de Norteamérica. El agua almacenada en el suelo a la siembra, la precipitación durante la estación de crecimiento y el rendimiento de grano de 53

experimentos de trigo de primavera en el Oeste de Dakota del Norte fueron analizados por una regresión múltiple, utilizando como variable dependiente el rendimiento de grano, el agua almacenada en el suelo a la siembra y la precipitación durante la estación de crecimiento como variables independientes. Se obtuvo el modelo de regresión siguiente:

$$\hat{y} = -210 + 99X_1 + 56X_2 \quad (1)$$

con una R^2 del 37% , considerando una confiabilidad baja del modelo para predicción de rendimientos futuros, aún si fuera conocida la precipitación durante la estación de crecimiento. Además, la seguridad de los rendimientos estimados están limitados por el valor de R^2 , ya que las ecuaciones de regresión múltiple a menudo tienen una sobrestimación de los valores de R^2 menores al 50 % (Bauer et al., 1965).

Swan et al. (1990) explicaron que la simulación del crecimiento de cultivos y la estimación de rendimiento requiere de los efectos combinados de suelo, planta y factores meteorológicos en el crecimiento de las plantas (Shaffer et al., 1984). Modelos con niveles variantes de complejidad han sido usados para simular crecimiento y rendimiento de algodón, maíz, trigo, soya y otros cultivos, en respuesta a suelo, condiciones climáticas y prácticas de manejo específicas. Cuando la fertilidad del suelo, malezas, enfermedades e insectos no limitan el rendimiento de maíz, factores limitantes mayores en maíz incluyen estrés de agua, densidad de plantas, déficit de grados día, fechas de plantación y potencial genético del híbrido (Hicks et al., 1977; Holt y Timmons, 1968; Swan et al., 1987b).

Numerosas ecuaciones y relativamente modelos menos complicados desarrollados por técnicas de regresión, han relacionado rendimiento de grano en maíz con precipitación, agua almacenada en el suelo y varias combinaciones de otros factores, incluyendo densidad de plantas, temperatura del aire, residuos de cosecha, fechas de siembra, y cantidad de fertilizante (Bauder y Randall, 1982; Enz, 1976; Holt y Timmons, 1968; Gross y Rust, 1972; Mowers et al., 1981; Runge, 1968; Leeper et al., 1974b).

Williams y Robertson (1972) usaron técnicas de regresión simple de datos de rendimiento de trigo y precipitación. Los modelos explicaron el 89 % de la variación en rendimiento. Lomas (1972) reportó que la lluvia explicó el 75 % de la variación de los rendimientos de trigo en la India y del 61 al 79 % en Israel.

Williams y Robertson (1972) usaron la lluvia, evapotranspiración (ET) y la precipitación antes de la estación para representar la influencia atmosférica sobre la humedad del suelo.

Los modelos de regresión explicaron una variación de rendimiento del 34 al 82 % dependiendo de los años y la región envuelta en el análisis. Las correlaciones de rendimiento con variables climáticas fue más grande en las áreas secas. En las partes más húmedas de las praderas del Canadá más de tres variables fueron necesarias para explicar el 40 % de la variación en rendimiento. En una aplicación de este análisis, ellos mostraron que dos tercios de las diferencias en rendimientos de trigo para la región, en un estudio de 1961 a 1966, podría ser debido a diferencias climáticas.

En regiones áridas y semiáridas, buenas correlaciones han sido obtenidas por regresiones simples entre lluvia total anual o durante la estación de crecimiento y rendimientos de trigo. Siendo mejor éste análisis que regresiones múltiples, componentes principales y polinomios ortogonales de Fisher, que no siempre dan correlaciones significativamente superiores (Lomas, 1972).

Smith (1963) mostró algunas relaciones entre la precipitación total para junio, julio y agosto y el rendimiento de maíz por acre en Illinois, Indiana, Iowa, Kansas, Kentucky y Nebraska. Mostró que la precipitación desde julio a agosto es de mucha importancia para determinar el éxito o fracaso del cultivo de maíz, concluyendo que el estudio cuidadoso de las condiciones climáticas hace posible una estimación cercana del rendimiento de maíz.

2.2. Análisis de riesgo en zonas áridas.

La gran variabilidad de la lluvia en zonas áridas es una situación común que depende de la magnitud de la escasez de agua estacional, es claro entonces, que desde el punto de vista planeación de cultivos; es necesario interaccionar con incertidumbre y riesgo. Los economistas hacen una distinción entre incertidumbre y riesgo: riesgo se refiere a una probabilidad que puede ser estimada de información a priori; e incertidumbre se aplica a situaciones en las cuales la probabilidad no puede ser estimada (Angus, 1990).

La introducción del concepto de incertidumbre en los procesos de cosecha de agua, señalan la ventaja de considerar aproximaciones probabilísticas, puesto que varios tipos de

incertidumbre pueden ser considerados racionales en el análisis, es claro entonces, que en el contexto de cosecha de agua, el uso de modelos de simulación puede reducir la incertidumbre del modelo, también la incertidumbre debido a errores sistemáticos puede ser reducida, con el efecto de un incremento en la observación y colección de datos.

El análisis de riesgo no ha sido direccionado explícitamente en los sistemas de cosecha de agua. El riesgo es implícito en la mayoría de las metodologías para diseño de cosecha de agua, ya que la mayoría de ellas consideran probabilidad de ocurrencia de lluvia. Sin embargo, los procedimientos usados comúnmente no son suficientes para la planeación, puesto que no dan idea de las relaciones entre el tipo de productor (nivel de acuerdo a la capacidad de recursos dispuesto a poner en riesgo) y la severidad de los daños que podrían ocurrir).

De acuerdo a Cohessen y Covello (1989), un estimador de riesgo es un estimador de la similitud o probabilidad estadística de que daños podrían ocurrir como resultado de exponerse a un agente de riesgo. En sistemas de cosecha de agua o agricultura de zonas áridas, el agente de riesgo es principalmente el clima, entre otros factores.

La severidad del daño depende del tipo de productor. Para productores económicamente vulnerables, el impacto de climas extremos puede tener gran importancia, considerando que su éxito dependerá de que tan lejana sea la probabilidad de ocurrencia del agente de riesgo (Jones y Thornton, 1993).

Los sistemas agrícolas son caracterizados por la complejidad e interdependencia de sus componentes y por la variabilidad y riesgo envuelto en su manejo. En agricultura de riego, el riesgo es restringido a enfermedades, pestes y principalmente a cambios en precios y mercados. En agricultura de secano o marginal, además de estas restricciones, los productores compiten con el clima, el cual es más impredecible que la restricciones impuestas en la agricultura de riego.

En agricultura de secano, el riesgo (probabilidad de fracaso) es usualmente estimado en porcentaje de pérdida basado en rendimientos regionales promedio de largos períodos (Abbaspour, 1992). Una aproximación para señalar riesgo ha sido optimizar una función de rendimiento (pérdida mínima o máximo beneficio) basados en algunas restricciones del sistema (Berbel, 1993). Un buen ejemplo de esta aproximación es el MUDAS modelo

desarrollado por Kingwell et al. (1992), el cual trabaja para riesgo climático y respuestas de manejo en condiciones áridas. Las restricciones son compartidas de acuerdo a la capacidad de los recursos. En este último punto, sí existe una pérdida de información adecuada, coeficientes técnicos para suplir la pérdida de información son desarrollados basados en la experiencia.

Eskridge (1990) menciona que cuando se hace selección en la presencia de interacciones genotipo-ambiente el mejorador puede sopesar la importancia de la estabilidad relativa de un cultivar a su promedio de rendimiento a través del ambiente, sugiriéndose que en lugar de comparar promedios, el mejorador use contribuciones relativas de los cultivares al componente de la varianza genotipo ambiente para medir su dependencia. Si la estabilidad es simplemente una medida de variabilidad o incertidumbre, entonces técnicas para tomar decisiones bajo riesgo pueden ser usadas para desarrollar índices de estabilidad. Modelos basados en riesgo fueron primeramente presentados en la literatura económica como un medio de modelar investigación financiera. Sin embargo, dichos modelos pueden ser aplicados a problemas agronómicos, ya que los agrónomos en general no han usado estos métodos.

2.3. Sistemas de desierto.

Los sistemas de desierto usan la cosecha de agua de una área colectora para ayudar a suplementar los requerimientos de humedad de un cultivo en una área pequeña (Morin y Mattlock, 1974). Estos sistemas son un método de incrementar la productividad agrícola en regiones áridas y semi-áridas usando la cosecha de agua para aumentar la disponibilidad natural. Esta metodología puede ser una herramienta promisoría para obtener agua en áreas rurales de países en desarrollo, puesto que el suelo es usado como un almacén para el crecimiento de cultivos. En algunos países como México este tipo de Sistemas es llamado Cosecha de agua "in-situ" (Anaya, 1981).

Colvin y Lafen, (1981) establecieron un trabajo en 1979 en la estación experimental Iowa que presenta pendientes uniformes. Se compararon seis tratamientos de distancia entre surcos que fueron: suelo desnudo(no siembra), 210, 510, y 760 mm de distancia en frijol soya y 510 y 760 mm en maíz. Se usó la variedad de soya Corsoy a razón de 67 kg/ha. Para maíz se utilizó el Pioneer 3780 con 62,000 semillas/ha. Se encontró que la amplitud

de surcos no tiene ningún efecto en el volumen de escurrimiento dentro de un mismo cultivo, pero si hay diferencia entre cultivos, siendo más grandes los valores de escurrimiento para maíz que para soya. Considerando que las distancias entre surcos tienen solo un pequeño efecto en pérdida de suelo si no existen diferencias en las condiciones de suelo.

El crecimiento de las plantas en las regiones áridas puede ser posible si estas tienen la oportunidad de usar, además de la lluvia que cae directamente, el agua de escurrimiento de las áreas adyacentes; esta técnica es adaptable para la mayoría de los cultivos (Fogel y Lopes, 1990).

2.4. Escurrimiento superficial.

El tipo de cosecha de agua a ser usado dependerá de los objetivos. Myers (1961), señaló que a causa de la naturaleza estocástica del escurrimiento, el almacenamiento puede ser una parte integral de cualquier proyecto de cosecha de agua. Cuando el objetivo es producción de cultivos el suelo proporciona el almacén; de otra manera, si el objetivo es usar la cosecha de agua para consumo humano o animal o para suplementos de riego, una cisterna de almacenamiento de cualquier tipo puede ser proporcionada.

Lombardi (1976) describió un sistema para determinar el escurrimiento superficial en estudios de balance hídrico mediante parcelas de 20 m de largo por un m de ancho, con un colector de capacidad de 1000 l para almacenar el escurrimiento generado. Encontró que para frijol y algodón las pérdidas de agua por escurrimiento fueron del 13 % del total de las lluvias y para mijo y soya de 5 y 7 %, respectivamente; considerando a este método aceptable para cuantificar el escurrimiento superficial.

Otra metodología aceptable para determinar el escurrimiento superficial es por medio de lotes de escurrimiento de 2 m de ancho por 20 m de largo con un depósito graduado en litros en la parte baja. Este sistema permite cuantificar el agua que se pierde por escorrentía y la que retiene el suelo; los cuales al constituir parte del ciclo hidrológico, permiten realizar un balance hídrico bajo condiciones de campo (Dirección general de conservación de suelo y agua, 1982).

Manohar y Siddappa (1984) señalaron qué entre los parámetros de clima, la lluvia

es el más relevante para la determinación del escurrimiento, pérdidas de suelo, cosecha de agua en una cuenca, variaciones en la humedad del suelo y también en clasificación de climas y que todos estos efectos son modificados por otros parámetros climáticos tales como temperatura, humedad, horas sol, etc., llamados estas asociaciones climáticas. En un estudio conducido por estos autores en 1983 y cuyos objetivos fueron: (1) el estudio de la cantidad y distribución de lluvia y (2) la aceptación de datos aprovechables. Los datos de lluvia de 18 años de 1961 a 1978 de la estación regional de investigación de Raichur, fueron analizados y sujetos a una prueba de factor "R" para verificar normalidad. Se encontró que el mínimo de años requeridos de información para este estudio fue de 13.6 a 14 años, de manera de tener confiabilidad en la información analizada.

Una amplia variedad de métodos y materiales han sido usados para incrementar precipitación-escurrimiento a sistemas de almacenamiento; estos métodos pueden ser divididos en cuatro categorías generales: a) manejo de la vegetación, b) alteración de la tierra, c) tratamientos químicos y d) cubiertas de suelo (Cooley et al., 1975). Frasier, (1985) agrupó los métodos para incrementar precipitación-escurrimiento en: a) Modificaciones a la topografía, b) Modificaciones al suelo y c) Cubiertas impermeables o membranas.

Frasier (1985) se refirió a las técnicas de almacenamiento de agua en dos tipos, perfil del suelo o monolitos y tanques o cisternas. El principal parámetro para evaluar el éxito de los sistemas de cosecha de agua, es la cantidad total de agua cosechada en una área dada bajo condiciones específicas de clima; de esta manera, la magnitud en la eficiencia del escurrimiento (relación volumen de escurrimiento a volumen de precipitación) puede catalogar al mejor sistema.

Mualem et al. (1990) estudiaron un modelo dinámico de sellado del suelo, basados en un modelo que considera el sellado como una capa no-uniforme, y la energía cinética de la lluvia como la propiedad dominante del proceso de sellado. El modelo fue aplicado en dos suelos (areno-limoso y limoso), bajo condiciones de saturación. La validez del modelo fue probado para cada suelo al comparar los resultados con una prueba de infiltración bajo lluvia y condiciones de flujo diferentes a los datos usados en el modelo de calibración. Se encontró una buena correlación entre las curvas de infiltración predichas y las observadas para el caso de los areno-limosos, pero no buena para los limos. El error que puede tenerse por el uso de la lluvia acumulada en lugar de la energía cinética de la misma

como la variable independiente del modelo de sellado del suelo fue analizado bajo diferentes condiciones. En casos donde la energía cinética por unidad de masa fue constante, independiente de la intensidad de la lluvia, el uso de la lluvia acumulada es equivalente a la energía cinética. Sin embargo, los eventos de lluvia a menudo incluyen grandes lluvias de baja intensidad y cortos intervalos de tiempo de intensidad de lluvia alta, con la energía cinética por unidad de masa variando considerablemente durante un evento de lluvia, en tales casos, el uso de la lluvia acumulada como la variable del modelo puede conducir a grandes errores en el cálculo de los rangos de infiltración durante el proceso de sellado.

2.5. Simulación de cosecha de agua

La planeación de sistemas de cosecha de agua es a menudo difícil por la pérdida de datos meteorológicos de largo tiempo; por esto, la simulación es vista como la técnica más apropiada para obtener datos meteorológicos sintéticos en períodos largos para el cálculo de las variables envueltas en el diseño de sistemas de cosecha de agua. Las técnicas de modelos de simulación están incrementándose, siendo usadas como un medio de extrapolar los resultados de experimentos de campo y de diseñar y ensayar nuevas técnicas agrícolas que puedan ser pasadas a los productores (Jones y Thornton, 1993).

Un gran número de modelos de simulación han sido descritos en la literatura. De acuerdo a Linsley (1976) estos modelos pueden ser clasificados como: a) modelos lineales, b) modelos de rutina, c) modelos de evento y d) modelos de balance de agua continuos. Los últimos tipos de modelos son capaces de simular continuamente el flujo por largos períodos de tiempo y pueden ser considerados como los más cercanos a la simulación hidrológica ideal.

En general es deseable tener modelos de balance agua-suelo y crecimiento de cultivo que sean tan simples como sea posible. También es deseable tener unos pocos parámetros que puedan ser medidos directa o indirectamente, donde el cultivo y el suelo puedan interactuar uno con otro (Feddes, 1988).

En modelos de simulación de cosecha de agua, el balance del agua es a menudo usado como una herramienta para analizar las posibilidades del sistema, y localizar problemas en el proceso de cosecha de agua (Bhoers y Ben Asher, 1982). La fuerza

dominante dentro del balance del agua es la evaporación y/o evapotranspiración. En este último, básicamente los modelos, trabajan desde dos módulos describiendo crecimiento y desarrollo del dosel (Nadine et al., 1992).

2.6. Sistemas de cosecha de agua.

La cosecha de agua ha sido definida como la práctica de coleccionar agua de lluvia de un área tratada para incrementar el escurrimiento de la misma, a esta técnica se le denominó captación "In situ" del agua de lluvia, la cual se basa en el manejo del suelo mediante bordos, surcos y canales dependiendo de la magnitud de humedad del suelo, coeficiente de escurrimiento y necesidad de agua del cultivo (Sánchez, 1986).

Salazar (1986) mencionó que el uso de métodos superficiales para la cosecha de agua de lluvia data de tiempos muy remotos, algunos agricultores de esos tiempos limpiaban las laderas de los cerros de roca y grava para dar cierta conformidad al suelo y así incrementar la escorrentía. También se cavaron diques en contorno en las laderas para coleccionar y acarrear el agua a partes bajas donde posteriormente se utilizaba para riego. Estos procedimientos para aprovechar el agua de lluvia permitieron el desarrollo de civilizaciones agrícolas; puesto que se desarrollaban en regiones hasta de 110 mm/año. En nuestro país en regiones como Nuevo León, Zacatecas, Chihuahua, etc., se tienen avances considerables en técnicas de conservación y almacenamiento de la precipitación pluvial.

Algunas de las ventajas de los sistemas de cosecha de agua comparados con cuencas grandes son: a) La construcción y mantenimiento son relativamente bajos y no requieren alta tecnología, b) El agua escurre y se almacena en la zona radicular donde es absorbida por las plantas, c) La posible destrucción de los sistemas en los eventos de tormentas fuertes es bajo comparado con cuencas grandes y d) Debido a la simplicidad, los sistemas de cosecha de agua pueden ser construidos fácilmente por los mismos productores (Oron y Enthoven, 1987).

2.7. Trabajos desarrollados en cosecha de agua.

Ortiz (1975) mencionó que en la región de Negev en Israel, se emplearon microcuencas para la cosecha de lluvia en el establecimiento del almendro, utilizándose relaciones de área de siembra: área de escurrimiento de 1:3 y 1:6. Se observó que conforme

se aumenta la superficie del área de escurrimiento, los rendimientos tienden a incrementarse.

Ibarra (1979) evaluó la producción de la costilla de vaca utilizando cinco estructuras diferentes de poseo (15*20*20; 15*20*25; 15*20*30; 15*20*35; 15*20*40 cm) de largo, ancho y profundidad y cinco diferentes densidades de siembra; (20,000; 30,000; 40,000; 50,000 y 60,000 plantas por ha para cada uno de los tratamientos estudiados). Las plantas mostraron una tendencia general a establecerse en forma más satisfactoria en las estructuras que proporcionan mejores condiciones en el contenido de humedad lo cual se logró en el tratamiento 1 (15*20*20 y 20,000 p/ha), observándose también los rendimientos mas altos.

Stegman y Lemert (1981) condujeron un trabajo en el cual el rendimiento de grano en girasol (*Helianthus annuus* L) fue medido como respuesta al estrés de agua en el período de crecimiento. Los niveles de estrés de agua fueron definidos arbitrariamente como bajos(B), moderados(M), y severos(S), basados en el grado de abatimiento de agua aprovechable en la zona de las raíces. Se consideraron tres períodos de crecimiento que fueron: 1) de plantación a etapa de yema, 2) de yema hasta la última antera y 3) de la última antera a madurez fisiológica. Los resultados mostraron que los rendimientos de grano presentaron relaciones lineales entre las evapotranspiraciones por etapa. Teniéndose que cuando el estrés se presentó en el período de yema a la última antera (2), el rendimiento relativo fue 3.3 veces mayor que la reducción en evapotranspiración (ET) estacional. Considerándose que los rendimientos potenciales (máximo rendimiento) de grano se tienen cuando en la zona de raíces se presentó un abatimiento del 50 al 60 % en el período de pre-yema; 30 a 40% en floración, y 50 al 60 % en el período de llenado de grano. En 1978 los rendimientos fueron de 710 a 2940 kg/ha y en 1979 de 2100 a 2890 kg/ha. Los rendimientos promedio fueron obtenidos con (Et) de 47 cm y los más altos con 51 cm. Concluyeron que con adecuado manejo, las cantidades de regímenes de agua pueden ser reducidas a más del 20 % de los niveles de riego-ET (20 % abatimiento), antes que la reducción en rendimiento empiece a ser significativa.

Jordan (1983) mencionó que los cambios de temperatura adquieren mayor importancia a nivel estacional; pero ocurre lo contrario con el contenido de agua en el suelo, ya que éstos son función directa de los eventos lluviosos o de la aplicación de agua de riego. Así, los decrementos transitorios de la cantidad de agua disponible, pueden

reducir tanto la tasa de germinación, como la emergencia final, lo cual conlleva a una situación indeseable.

Bhoers et al. (1986) realizaron un trabajo para diseñar microcuencas basados en un modelo de simulación, al cual se le suplementó datos de lluvia, evaporación y propiedades físicas del suelo, usaron además un modelo de regresión lineal, combinado con un modelo de balance de agua. Encontrando que las relaciones área de escurrimiento-área de siembra son un factor básico y concluyeron que en condiciones de extrema aridez (100 mm lluvia anual) el diseño de microcuencas es muy difícil para la cosecha de agua, y que para condiciones áridas (200 mm lluvia) el diseño preliminar para obtener un rendimiento de 500 kg/ha en árboles de pistacho debe de ser de 40 m² de área de siembra y entre 40 y 80 m² de área de escurrimiento.

Martínez (1987) estableció un trabajo en Sandoval, Aguascalientes en maíz para evaluar cuatro tamaños de microcuencas: 0.76, 1.14, 1.52, y 1.90 m y seis superficies por planta 0.1748, 0.2052, 0.2432, 0.2736, 0.3040, y 0.3420 m²; sin microcuencas con las 3 primeras superficies por planta. Se midió la humedad del suelo en el estrato 0-25 cm y se cuantificaron los escurrimientos y precipitación diaria. Los resultados mostraron que el volumen total de agua aportada al área de siembra por los escurrimientos superaron al testigo sin microcuencas en un 22, 27 y 34 % para microcuencas de 1.14, 1.52 y 1.90 m respectivamente; obteniéndose modelos de predicción que señalaron que la humedad del suelo durante el ciclo, se incrementó a medida que la microcuenca y superficie por planta aumentaron, así mismo el rendimiento de grano tanto por planta como por hectárea se incrementó conforme aumentó el tamaño de microcuenca y superficie por planta.

3.2 Características climáticas

Según la clasificación de Köppen modificada por García (1973), el clima es árido con precipitaciones escasas todo el año y media anual de 240 mm. El período de lluvias comprende los meses de Mayo a Septiembre, lapso durante el cual se presenta el 70 % de la precipitación. La temperatura media anual es de 20.7°C; existiendo dos tendencias principales: 1). Frío estepárico (BSKw); en las partes extremas altas de ambas cuencas y 2). Caliente desértico (BWHw), desde la formación del río Nazas hasta la desembocadura de la Laguna de Mayrán, y desde la parte media del Aguanaval hasta la planicie de la Laguna de Viesca.

La información climática utilizada en el análisis en los ciclos 1994 y 1995, con excepción de la precipitación en este último año que se tomó directamente en el área de estudio, fue de la estación meteorológica del centro nacional de investigación disciplinaria en relación agua-suelo-planta-atmósfera (CENID-RASPA), enclavada en Gómez, Palacio, Dgo. y donde los resultados que se presentan fueron calculados por el paquete denominado Sistema de Información para Caracterizaciones Agroclimáticas (SICA) (Medina *et al.*, 1992).

3.3 Características edáficas

Los suelos de la región lagunera están comprendidos como Xerosoles según la clasificación de FAO-UNESCO modificada por la Dirección de Estudios del Territorio Nacional (DETENAL,1979), que corresponden a suelos que se localizan en zonas áridas y semiáridas de México, y tienen como vegetación natural matorrales y pastizales, capa superficial de suelo de color clara y pobres en materia orgánica.

3.4 Trabajo de campo

El trabajo se desarrolló durante dos ciclos de cultivo (verano de 1994 y 1995). Se estableció un experimento con dos genotipos de maíz (Blanco Hualahuises y H-412), bajo las siguientes consideraciones: las fechas de siembra fueron el 23 de Agosto y 18 de Septiembre de 1994 y 1995, respectivamente.

La densidad de siembra usada fue de 12 kg/ha . El tamaño de las 48 parcelas fue de diez m de largo por 5.6 m de ancho, distribuyéndose aleatoriamente en una superficie

de tres ha; 24 parcelas para cada genotipo evaluado. Esta distribución fue con la finalidad de explorar un amplio rango de condiciones de humedad en base al microrelieve.

Una consideración importante es que las tres ha donde se estableció la siembra, cuentan con un sistema de borderia antierosiva (terrazas) con dimensiones de 100 m de largo, un m de altura, un m de base ancha y 0.5 m de base angosta, con separaciones entre una y otra terraza de 30 m. estos dispositivos hidráulicos permiten el manejo del escurrimiento superficial, pudiendo almacenarse (en el suelo) una lámina de agua hasta de 15 cm después de cada evento lluvioso dependiendo de la magnitud del evento. Dicho sistema es lo que hace posible tener producción de grano en la zona.

La preparación del suelo inició con el barbecho en el mes de diciembre de cada año de siembra; después de la lluvia se rastreó y dos días posteriores a la lluvia se sembró; dándose únicamente una escarda a los 20 días después de la siembra, para el control de la humedad y malas hierbas. En la fertilización se aplicó una dosis de 80-40-00, utilizándose urea y fosfato diamónico en la obtención de dicha dosis, aplicándola toda al momento de la siembra.

3.5 Variables de campo:

a) Contenido de humedad en el suelo al inicio de la siembra (H1), a diferenciación floral H2 (28 días), antesis H3 (55 días) y llenado de grano H4 (70 días).

b) Balance de humedad durante el ciclo de cultivo. Se midió la humedad semanalmente para este propósito y se expresó su valor en cm.

c) Densidad de población por parcela (DP). Se contó el número de plantas por parcela y se expresó en miles de plantas (10 días antes de la cosecha).

d) Rendimiento de forraje y grano por parcela. Se evaluó a la cosecha, utilizando los cinco surcos centrales y se expresó en ton/ha en 1994 y kg/ha en 1995.

e) La evaluación de la precipitación en 1995 se efectuó mediante un pluviómetro que se instaló en el área de estudio y que permitió conocer su valor después de cada evento lluvioso; tomándose los valores de precipitación del año de 1994, evaporación y temperatura en 1994 y 1995 de la estación climática del CENID-RASPA.

H3: Lámina de agua (cm) a floración (55 días)

H4: Lámina de agua (cm) a llenado de grano(70 días)

Analizándose cada una de las láminas de agua por separado, y considerando el coeficiente de determinación (R^2) para definir la lámina de agua que tuvo más efecto sobre el rendimiento de grano. Este criterio se utilizó con el objetivo de seleccionar para cada genotipo, la etapa fenológica que desde el punto de vista de humedad en el suelo, tuvo más influencia en el rendimiento o la variable dependiente. El modelo de regresión usado es el siguiente:

$$\hat{y}_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \epsilon_i \quad (2)$$

Donde: β_0 es el intercepto, β_1 es la pendiente de la línea de regresión, X_1 es la variable independiente(H1, H2, H3, o H4) y (Y) es la variable dependiente (rendimiento de grano).

Una vez realizada la identificación de la lámina de agua más significativa en las etapas fenológicas consideradas, se procedió a utilizar técnicas de regresión lineal múltiple para identificar las etapas en la cual la humedad del suelo tiene más efecto sobre el rendimiento y obtener los modelos de predicción de rendimiento de grano para esta etapa bajo el modelo siguiente:

$$\hat{y}_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \epsilon_i \quad (3)$$

Donde: β_0 , β_1 , y β_2 son los coeficientes de regresión, X_1 es la humedad seleccionada por regresión simple, X_2 es la humedad adicional para llegar a producción, y Y es el rendimiento de grano.

Cuando más de dos variables fueron incluidas se utilizó el siguiente modelo.

$$\hat{y}_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p + \epsilon_i \quad (4)$$

Donde: β_0 , β_1 , β_2 y β_p son los coeficientes de regresión, las X's son las variables de humedad seleccionadas en la etapa fenológica considerada, X_p es densidad de población y Y el rendimiento de grano. Para seleccionar el modelo de rendimiento para cada genotipo, se utilizó el valor de R^2 como indicador de la eficiencia de los modelos, en este

proceso las variables fueron estandarizadas para poder trabajar variables con unidades de medición diferentes, mediante el procedimiento siguiente:

$$\beta_i^* = \beta_i \cdot S_{xi}/S_y \quad (5)$$

Donde: β_i^* es el coeficiente de regresión estimado, S_{xi} es desviación estándar para la variable independiente, y S_y es desviación estándar para la variable dependiente

Los modelos de regresión múltiple generados y que combinaron las humedades más sobresalientes, fueron usados para obtener los modelos finales para predicción de rendimiento, generando modelos que combinen variables de suelo y densidad de población.

3.8.2 Segunda etapa Los valores de rendimiento de campo para los dos genotipos en 1994 y 1995, contemplando el total de parcelas (24) para cada cultivar (genotipo), así como sus cinco repeticiones por parcela (ambientes), fueron usados para efectuar el análisis de riesgo climático. Para la evaluación de este, se aplicó el procedimiento siguiente:

La estabilidad de la varianza, se enuncia en base al modelo propuesto por Eberhart y Rusell (1965) que se describe a continuación:

$$Y_{ij} = \mu_i + \beta_i I + \delta_{ij}; \quad (6)$$

Este modelo define parámetros de estabilidad que pueden ser usados para describir el comportamiento de un genotipo sobre una serie de ambientes.

Donde: Y_{ij} es el promedio del genotipo i en el ambiente j , μ_i es el promedio de rendimiento del genotipo i en todos los ambientes, β_i es el coeficiente de regresión que mide la respuesta del i -ésimo genotipo en ambientes variantes, δ_{ij} es la desviación de la regresión de la i -ésima variedad en el j -ésimo ambiente, e I es el índice ambiental.

El primer modelo para medir la estabilidad a través de la varianza consistió en estimar la varianza de un cultivar a través de ambientes (EV) (Lin et al., 1985). El segundo basado en la estimación de la estabilidad de la varianza mediante la obtención de los coeficientes de regresión de Finlay Y Wilkinson (1963); (FW), a partir de las siguientes ecuaciones 7 y 8 (Eskridge, 1990).

$$\bar{Y}_i - Z(1-\alpha)S_i \quad (\text{EV}) \quad (7)$$

$$\bar{Y}_i - Z(1-\alpha)(\beta_i - 1)^2 S^2 y (1-1/q)^{1/2} \quad (\text{FW}) \quad (8)$$

Estas medidas de estabilidad fueron incorporadas a la siguiente ecuación para cuantificar riesgo climático.

$$\bar{Y}_i - Z(1-\alpha)(V_i)^{1/2} \quad (9)$$

Donde: \bar{Y}_i es el rendimiento promedio a través de los ambientes para cada cultivar, $Z(1-\alpha)$ es el valor del percentil de la distribución normal estándar y V_i es la medida de estabilidad para cada cultivar.

La ecuación (6) envuelve el uso de la varianza de un cultivar a través de ambientes, como medida de estabilidad. El promedio del i th cultivar a través de ambientes, es μ_i , con varianza δ_{iw}^2 . La μ_i y δ_{iw}^2 son estimados con \bar{Y}_i y V_i . Estos estimadores son entonces substituidos por \bar{Y}_i y V_i en la ecuación (7) dando los índices (EV).

La ecuación (8) es usada para sopesar la importancia del rendimiento promedio a la estabilidad de Finlay y Wilkinson (1963), si una definición de varianza puede ser desarrollada para medir que tan lejos se desvía la pendiente de un cultivar de 1. En este modelo los valores de rendimiento predichos, ajustados por la respuesta promedio del rendimiento al medio ambiente, contiene toda la información relevante. Los predichos de rendimiento ajustado del i th cultivar tienen media poblacional μ_i y varianza $(\beta_i - 1)^2 \delta^2 y (1-1/q)$, esta varianza representa que porción de la varianza total del i th cultivar de su rendimiento predicho es debido a su coeficiente de pendiente difiriendo de 1. La media poblacional y la varianza son estimados con \bar{Y}_i y $(\beta_i - 1)^2 \delta^2 y (1-1/q)$; la que es substituida en la ecuación (8) para dar los índices de Finlay y Wilkinson (1963); considerando en este modelo que la estabilidad del cultivar es medida por que tan lejos β_i se desvía de uno. Entonces cultivares con rendimientos promedios altos y pendientes cercanas a uno son preferidos.

Las siguientes ecuaciones son utilizadas para obtener las varianzas para los dos modelos contemplados (EV) y (FW).

$$\bar{Y}_i = \sum_{j=1}^q Y_{ij}/q; \bar{y}_j = \sum_{i=1}^p Y_{ij}/p; \bar{y}_{..} = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q Y_{ij}/pq \quad (10)$$

Donde Y_{ij} = rendimiento del i th cultivar en el j th medio ambiente, $i=1,2,\dots,p$; $j=1,2,\dots,q$; i =parcelas; j =repeticiones; \bar{Y}_i , \bar{Y}_j , y $\bar{Y}_{..}$ denotan los rendimientos marginales del cultivar i y el medio ambiente j y la media sobreestimada o media general respectivamente.

Los valores obtenidos por estas ecuaciones son utilizados para obtener S_i^2 y S_j^2 utilizadas como varianzas en los modelos (EV) y (FW) y calculadas de la siguiente forma:

$$S_i^2 = \sum_{j=1}^q (Y_{ij} - \bar{Y}_i)^2 / (q-1) \quad (11)$$

Donde: S_i^2 es la varianza del cultivar i th en el ambiente j th para el modelo (EV).

$$\beta_i = \frac{\sum_{j=1}^q (Y_{ij} - \bar{Y}_i)(\bar{Y}_j - \bar{Y}_{..})}{\sum_{j=1}^q (\bar{Y}_j - \bar{Y}_{..})^2} \quad (12)$$

Donde: β_i es el coeficiente de regresión del cultivar i th en el medio ambiente j th.

$$S_j^2 = \sum_{i=1}^p (\bar{Y}_j - \bar{Y}_{..})^2 / (p-1); \quad (13)$$

Donde: S_j^2 es la varianza del cultivar i th en el medio ambiente j th para el modelo (FW).

Una vez calculadas estas ecuaciones, las varianzas para cada modelo se substituyen en la ecuación (9) del modelo de riesgo y se calcula la incertidumbre o riesgo para cada cultivar.

3.8.3. Tercera etapa

Con la finalidad de afianzar los resultados del análisis de riesgo, se procedió a utilizar la metodología de interacción de X^2 (Keisling y Mullinex, 1979; Goos et al., 1982;

y Goos et al., 1984). Se usaron los valores asociados de contenido de humedad a la siembra y rendimiento de grano para los dos genotipos durante 1994 y 1995. Esta metodología estimó el umbral más probable del cultivo, dividiendo la producción en éxitos o fracasos en base a la zona de entrecruce (zona que divide a la población en rendimientos arriba de la media regional y abajo de la misma), generalizando los datos en un conjunto que ayuda a tomar la decisión de siembra o no siembra y define el rango de lámina de agua que debe tenerse en el suelo para obtener los rendimientos estimados por el modelo de riesgo y probar la bondad de los modelos de predicción generados.

El valor de X^2 se calculó mediante el uso de la metodología de X^2 usando tablas de contingencia de (2*2) (Cuadro 1) y empleando la ecuación 14 para determinar sus valores (Keisling y Mullinix, 1979).

$$X^2 = \frac{(N_{11} N_{22} - N_{12} N_{21})^2 N_{..}}{N_{1.} N_{2.} N_{.1} N_{.2}} \quad (14)$$

Donde: N_{11} es el número de parcelas con rendimiento de grano menores al promedio regional para láminas de agua deficientes. N_{21} son la parcelas con rendimiento de grano mayores al promedio regional para láminas de agua deficientes. N_{12} es el número de parcelas con rendimiento de grano menores al promedio regional para láminas de agua suficientes. N_{22} son las parcelas con rendimiento de grano mayores al promedio regional para láminas de agua suficientes. $N_{1.}$ y $N_{2.}$ son el total de parcelas de la hilera correspondiente. $N_{.1}$ y $N_{.2}$ son el total de parcelas de la columna correspondiente y $N_{..}$ es el total de parcelas evaluadas.

lámina de agua

rend.	N11	N12	N1.
grano	N21	N22	N2.
	N.1	N.2	N..

Cuadro 1 Ejemplo de una tabla de contingencia de 2*2.

Este procedimiento es realizado para cada valor crítico empleado, de manera que una vez que se tiene se grafican con lámina de agua en el eje de las (X) y valores de X^2 en el eje de las (Y), usando el valor de 1000 kg como rendimiento regional promedio para definir un valor de X^2 en tablas al nivel de significancia (α) del 0.05 y para un grado de libertad (Steel y Torrie, 1988).

4. RESULTADOS Y DISCUSION

Para 1995 las condiciones climáticas fueron similares a 1994, lo cual incrementó las condiciones de sequía que se tenían desde 1993. La precipitación durante este año fue de 37 mm; la capacidad de agua precipitada durante el ciclo de cultivo fue de 145.6 mm (Figura 3) las cuales estuvieron distribuidas los primeros 60 días del cultivo. Los días lluviosos fueron 2, 12, 13 y 22 de agosto, (día juliano 214, 224, 225 y 234).

4.1 Condiciones Climáticas

4.1.1. Año de 1994.

Las condiciones climáticas presentadas en el año de 1994 en el área de influencia de Fco. Villa se presentan en la Figura 2. En la misma se tiene que la precipitación total fue de 145.6 mm, lo cual indica que el año de 1994 estuvo por abajo del valor promedio para el área que es de 240 mm. La precipitación durante el ciclo de cultivo (105 días) fue de 95 mm, equivalente a una lámina de agua total de 9.5 cm.

debido a que las altas temperaturas que se tuvieron en los meses de Septiembre a Octubre, originaron que la humedad se perdiera por evaporación, ocasionando limitantes en la etapa de llenado de grano y reduciendo la producción en baja producción. Coincidiendo con Jordan (1983); Quijano (1993) que el efecto negativo de estas variables sobre el desarrollo de los cultivos de secano.

En lo referente a la evaporación, la cantidad de agua evaporada durante el año fue de 2,431 mm anuales; y 850 mm durante el ciclo de cultivo, representando el 35 % del total.

Durante el ciclo de cultivo se tuvieron lluvias los días 16 de Julio, (día juliano 197), 15 de Agosto (227), 1 de Septiembre (244), 13 y 14 de Octubre (286, 287), la lluvia durante este período fue del 65 % (95 mm) del total anual(145.6 mm).

En lo referente a evaporación, la cantidad de agua evaporada durante el año fue de 2,385.3 mm, y 850 mm durante el ciclo de cultivo, representando el 35 % del total.

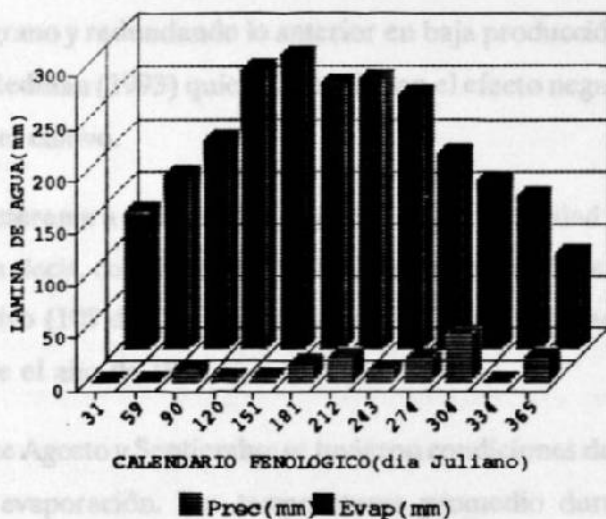


Figura 2. Comportamiento del clima (evaporación y precipitación). Fco. Villa, Dgo. 1994. Predicción de rendimiento y riesgo en agricultura de secano.

Durante el ciclo de cultivo se tuvieron lluvias los días 16 de Julio, (día juliano 197), 15 de Agosto (227), 1 de Septiembre (244), 13 y 14 de Octubre (286, 287), la lluvia durante este período fue del 65 % (95 mm) del total anual(145.6 mm).

En lo referente a evaporación, la cantidad de agua evaporada durante el año fue de 2,385.3 mm, y 850 mm durante el ciclo de cultivo, representando el 35 % del total.

4.1.2. Año de 1995.

Para 1995 las condiciones climáticas fueron similares a 1994, lo cual incrementó las condiciones de sequía que se tenían desde 1993. La precipitación durante este año fue de 182.6 mm, mayor que 1994 con 37 mm; la cantidad de agua precipitada durante el ciclo de cultivo fue de 118.5 mm (Figura 3) los cuales estuvieron distribuidos los primeros 60 días del cultivo. Los días lluviosos fueron 2, 12, 13 y 22 de agosto, (día juliano 214, 224, 225 y 234), 4, 6, 12, y 25 de septiembre (247, 249, 255 y 268), precipitándose 5.2 mm en Mayo, 6.7 mm en Junio, 5.3 mm en Julio, 44.2 mm en Agosto, y 118.5 en Septiembre.

Durante 60 días, el cultivo se mantuvo con la humedad almacenada en el suelo proveniente de dichas lluvias durante este lapso de tiempo, lo cual originó problemas posteriores en el desarrollo del cultivo, principalmente en la etapa de llenado de grano(H4), debido a que las altas temperaturas que se tuvieron en los meses de Septiembre a Octubre, originaron que la humedad se perdiera por evaporación, ocasionando limitantes en la etapa de llenado de grano y redundando lo anterior en baja producción. Coincidiendo con Jordan (1983); Qui y Redman (1993) quienes mencionan el efecto negativo de estas variables sobre el desarrollo del cultivo.

En lo referente a evaporación, las pérdidas de humedad presentadas fueron de 2,431 mm anuales; es decir, condiciones más drásticas de pérdida de agua que en 1994. Durante el ciclo de cultivo (105 días) la humedad perdida por evaporación fue de 724 mm, menor en 125 mm que el año de 1994.

Durante Agosto y Septiembre se tuvieron condiciones de nublado, lo cual contribuyó a una menor evaporación. Las temperaturas promedio durante los meses de Agosto, Septiembre, Octubre, y Noviembre fueron de: 32.9, 30.7, 28.6, y 26°C, respectivamente, considerando que las condiciones de humedad durante el ciclo de cultivo fueron más benignas en 1995 que 1994 debido a lo anterior.

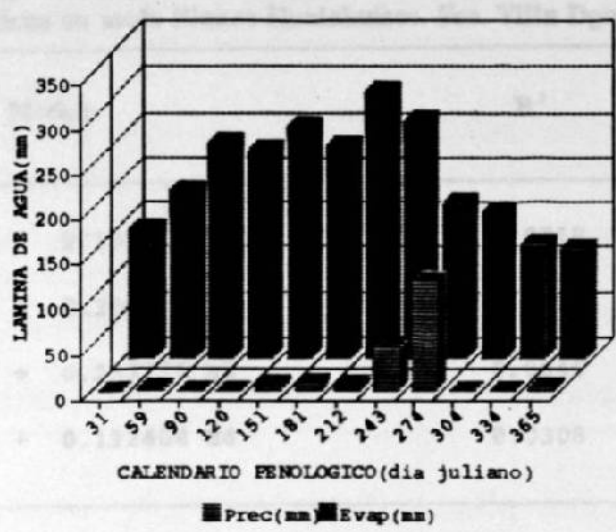


Figura 3. Comportamiento del clima (evaporación y precipitación) en Fco. Villa, Dgo. 1995. Predicción de rendimiento y riesgo en agricultura de secano.

4.2 Resultados por etapas

4.2.1. Primera etapa

De la información presentada en los Cuadros A1, A2, A3 y A4 que contienen datos por parcela y repetición de las variables evaluadas para los dos genotipos en 1994 y 1995, se tomaron los valores promedio por parcela y se efectuaron procedimientos de regresión lineal simple; se relacionó en cada genotipo el rendimiento de grano y la humedad en las etapas críticas del cultivo. Las etapas consideradas fueron: a la siembra (H1), diferenciación floral (28 días, H2), antesis (55 días, H3), y llenado de grano (70 días, H4). En los Cuadros A5, A6, A7 y A8 se muestran los resultados de los análisis de varianza para rendimiento de grano y la humedad en las diferentes etapas fenológicas, así como en función de dos o más etapas consecutivas.

El Cuadro 2 presenta los resultados de los modelos de regresión obtenidos en las diferentes etapas fenológicas involucradas en el análisis y que son usadas como variables independientes (H1, H2, H3 y H4), y relacionadas con rendimiento de grano como variable dependiente (Y) en la variedad Blanco Hualahuises en el ciclo 1994.

Cuadro 2. Ecuaciones de regresión y coeficientes de determinación (R^2) y variación(CV), para rendimiento de grano en función de la humedad en las diferentes etapas fenológicas en maíz Blanco Hualahuises. Fco. Villa Dgo. 1994.

Modelo	R^2	C.V.
$\hat{y} = 0.388495 + 0.1872651 H1$	0.0718	39.58793
$\hat{y} = 0.859209 + 0.293626 H2$	0.0827	39.35377
$\hat{y} = 1.394909 + 0.233776 H3$	0.0640	39.75326
$\hat{y} = 1.679271 + 0.192404 H4$	0.0308	40.45209

En dicho Cuadro se aprecia que la humedad a la siembra (H1) explica en un bajo porcentaje ($R^2=0.07$) la variación en las parcelas con respecto a rendimiento de grano para este genotipo en el ciclo 1994. Sin embargo, comparado con los resultados obtenidos del análisis realizado para rendimiento de grano y la humedad a diferenciación floral (H2), antesis (H3) y llenado de grano (H4), se observa que H1 junto con H2 son las humedades sobresalientes.

El análisis de varianza (Cuadro A5) y la prueba de t (Cuadro A22), mostraron que los niveles de humedad analizados en forma independiente (H1, H2, H3, H4) no tuvieron efecto significativo sobre el rendimiento, además que los coeficientes de determinación fueron superiores para la humedad a la siembra (H1) y a diferenciación floral (H2) comparados con H3 y H4 (Cuadro 2).

Debido a que no hubo efecto de la humedad a la siembra (H1) sobre rendimiento de grano, se procedió a explicar el rendimiento en función de dos o más etapas de humedad conjuntas. Los análisis de varianza de los Cuadros A6, A7, y A8 muestran que no hubo efecto de estas humedades sobre rendimiento, a pesar de que se mejora el R^2 (0.1366) cuando se considera H1 y H2 (Cuadro 3). Sabiéndose que de acuerdo con la teoría del análisis de regresión la inclusión de nuevas variables incrementa el R^2 , aunque estas variables no tengan efecto sobre la variable dependiente (Olivares, 1994).

Cuadro 3. Ecuaciones de regresión y coeficientes de determinación (R^2) y variación (CV), para rendimiento de grano en función de la combinación de la humedad en dos etapas fenológicas en maíz Blanco Hualahuises. Fco. Villa Dgo. 1994.

Modelo	R^2	C.V.
$\hat{y} = -0.374267 + 0.163666 H1 + 0.262204 H2$	0.1366	39.12365
$\hat{y} = 0.856250 + 0.217006 H2 + 0.123242 H3$	0.0949	40.05759
$\hat{y} = 1.235099 + 0.505182 H3 - 0.353522 H4$	0.08174	34.7730

El mayor valor de explicación de la variación en rendimiento se presenta en el Cuadro 4 ($R^2 = 0.169$), este modelo incluye las cuatro variables de humedad (H1, H2, H3, H4) y solamente incrementa el R^2 en un 3.3%, comparado con el modelo que combina las Humedades a la siembra (H1) y a diferenciación floral (H2) con una R^2 de 0.1366 (Cuadro 3). Corroborando que conforme se incrementa el número de variables el valor de R^2 aumenta, aunque la inclusión de otra variable no sea significativa (Olivares, 1994).

Cuadro 4. Ecuaciones de regresión y coeficientes de determinación (R^2) y variación (CV), para rendimiento de grano en función de la combinación de la humedad en tres y cuatro etapas fenológicas en maíz Blanco Hualahuises. Fco. Villa Dgo. 1994.

Modelo	R^2	C.V.
$\hat{y} = -0.326924 + 0.157302H1 + 0.247368H2 + 0.025828H3$	0.1370	40.12951
$\hat{y} = 0.755082 + 0.201795H2 + 0.366926H3 - 0.307321H4$	0.1081	40.79670
$\hat{y} = -0.790031 + 0.197055H1 + 0.2303H2 + 0.3964H3 - 0.4984H4$	0.1691	40.4546

Un procedimiento similar fue llevado a cabo para Blanco Hualahuises en 1995. En los Cuadros A9, A10, A11 y A12 se presentan los resultados de los análisis de varianza para

rendimiento de grano y láminas de agua en las diferentes etapas fenológicas evaluadas (H1, H2, H3, H4), así como en función de dos o más etapas consecutivas.

En el Cuadro 5 se presentan los resultados del análisis de varianza obtenidos para las diferentes láminas de agua en las etapas fenológicas consideradas (siembra, 28, 55 y 70 días) usadas como variable independiente y rendimiento de grano como variable dependiente.

Cuadro 5. Ecuaciones de regresión y coeficientes de determinación (R^2) y variación(CV), para rendimiento de grano en función de la humedad en las diferentes etapas fenológicas en maíz Blanco Hualahuisés. Fco. Villa Dgo. 1995.

Modelo	R ²	C.V
$\hat{y} = 276.395374 + 113.803721H1$	0.4927	13.38718
$\hat{y} = 1184.372895 + 14.702350H2$	0.0017	18.78091
$\hat{y} = 973.820254 + 43.52034 H3$	0.1456	17.37448
$\hat{y} = 1204.578043 + 4.823352 H4$	0.0018	18.77920

En el Cuadro 5 se aprecia que la humedad a la siembra (H1) explica en un alto porcentaje la variación que presentó el rendimiento de grano en las parcelas, para este genotipo en el ciclo 1995 ($R^2 = 0.49$). Este valor comparado con los resultados obtenidos en los análisis realizados en forma independiente para rendimiento de grano y la humedad a floración (H2), antesis (H3) y llenado de grano (H4), cuyos resultados se muestran en el mismo Cuadro 5, indican que la humedad a la siembra (H1) explicó en mayor proporción la variación. El análisis de varianza del Cuadro A9 y la prueba de t (Cuadro A22) indican que la humedad a la siembra tiene un gran efecto en rendimiento de grano.

Sin embargo, cuando se relacionan dos o más humedades en forma conjunta para analizarlas con rendimiento de grano, en algunos casos se tienen coeficientes de determinación (R^2) más altos, como sucede con humedad a la siembra (H1) y diferenciación floral (H2) (Cuadro 6).

En el Cuadro 6 se muestra un valor de R^2 de 0.51, para la regresión de rendimiento con H1 y H2, lo que implica un incremento de 2% en R^2 comparado con humedad a la siembra (0.49) del Cuadro 5. Además en el Cuadro A10 se muestra que esta relación es significativa, considerando que hay efecto de H1 y H2 sobre rendimiento, sin embargo la prueba de "t" muestra significancia únicamente para H1.

Cuadro 6. Ecuaciones de regresión y coeficientes de determinación (R^2) y variación (CV), para rendimiento de grano en función de la combinación de la humedad en dos etapas fenológicas en maíz Blanco Hualahuises. Fco. Villa Dgo. 1995.

Modelo	R^2	C.V.
$\hat{y} = 404.244667 + 121.603586 H1 - 61.685132 H2$	0.5196	13.42934
$\hat{y} = 1051.828843 - 30.451106 H2 + 46.468541 H3$	0.1520	17.84165
$\hat{y} = 1019.353037 + 114.164857 H3 - 86.212283 H4$	0.3491	15.63200

Los mayores coeficientes de determinación que se muestran en el Cuadro 7 se relacionan con rendimiento de grano y con la humedad en tres (H1, H2, H3; H2, H3, y H4) y cuatro etapas fenológicas (H1, H2, H3, H4), los valores de R^2 son de 0.55; 0.35; y 0.63 respectivamente, siendo significativa la relación entre estas variables como se aprecia en los análisis de varianza de los Cuadros A11 y A12, corroborando la hipótesis de que al menos un coeficiente de regresión β es diferente de cero. Comparando los modelos del Cuadro 7 con el presentado en el Cuadro 5 en donde se incluye solamente la humedad a la siembra (H1), la ganancia en la explicación de la variación no es muy importante, puesto que al considerar el modelo con las variables H1, H2 y H3, el R^2 se incrementa en 6%, mientras que al considerar el modelo con las variables H1, H2, H3 y H4, el incremento en R^2 es del 14%.

Cuadro 7. Ecuaciones de regresión y coeficientes de determinación (R^2) y variación(CV), para rendimiento de grano en función de la combinación de la humedad en tres y cuatro etapas fenológicas en maíz Blanco Hualahuises. Fco. Villa Dgo. 1995.

Modelo	R^2	C.V.
$\hat{y} = 402.0289 + 112.0404 H1 - 77.3329H2 + 22.2858H3$	0.5510	13.40915
$\hat{y} = 1103.4930 - 32.79800H2 + 117.5252H3 - 86.4379H4$	0.3565	16.05186
$\hat{y} = 522.5179 + 97.1237H1 - 72.6347H2 + 72.23591H3 - 56.84601H4$	0.6323	12.55934

Los resultados del modelo del Cuadro 6 con R^2 de 0.5196, se debieron a que durante los primeros 35 días del ciclo de cultivo, (23 de agosto hasta el día 30 septiembre), se tuvieron los mayores aportes de humedad (Figura 3) por lo cual, no se presentaron limitantes de humedad en las etapas de siembra y diferenciación floral, convirtiéndose la humedad en un factor limitante a partir de esa fecha en las etapas de floración (H3) y llenado de grano (H4). Sin embargo, también hay que considerar que según lo reportado por Pierre *et al.* (1965) quienes mencionaron que las plantas que crecen en ambientes secos son mas eficientes en el uso del agua y por ende sufren menos pérdidas en rendimiento, como sucedió en este estudio.

Para el caso de H-412 en 1994 y 1995, los análisis de varianza de estos genotipos se presentan en los Cuadros A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, y A20 para rendimiento de grano y humedad en las diferentes etapas fenológicas, así como para las humedades conjuntas.

En el (Cuadro 8), para H-412 en el ciclo 1994 ; se aprecia que la relación entre rendimiento de grano y humedad a la siembra (H1), es baja, ya que su R^2 es 0.13, que implica que la humedad a la siembra (H1) explica el 13 % de la variación en rendimiento. Sobresale en este Cuadro la humedad a diferenciación floral(H2) cuya R^2 es de 0.27, siendo ambas humedades estadísticamente significativas como se muestra en el cuadro A13.

Cuadro 8. Ecuaciones de regresión y coeficientes de determinación (R²) y variación(CV), para rendimiento de grano en maíz H-412 en función de la humedad en las diferentes etapas fenológicas. Fco. Villa Dgo. 1994.

Modelo	R ²	C.V.
$\hat{y} = -0.565638 + 0.260405H1$	0.1307	24.11217
$\hat{y} = 1.265942 + 0.267583H2$	0.2736	22.04193
$\hat{y} = 1.944284 - 0.007791H3$	0.0001	25.86116
$\hat{y} = 1.990198 - 0.059831 H4$	0.0022	25.83389

Sin embargo al observar los valores del Cuadro 9, se aprecia que al relacionar el rendimiento con la humedad a la siembra y a diferenciación floral en forma conjunta (H1 y H2 respectivamente) el valor de R² se incrementa a un 32.9 %; es decir con la inclusión de H2 (humedad a diferenciación floral) al modelo la explicación a la variación en rendimiento aumenta un 19% en comparación al modelo únicamente con H1 (Cuadro 8), siendo esta relación significativa como se aprecia en el Cuadro A14 y donde se demuestra que esta relación es la que realmente incide sobre rendimiento de grano.

Cuadro 9. Ecuaciones de regresión y coeficientes de determinación (R²) y variación(CV), para rendimiento de grano en función de la humedad en maíz H-412 en dos etapas fenológicas. Fco. Villa Dgo. 1994.

Modelo	R ²	C.V.
$\hat{y} = -0.343621 + 0.176067H1 + 0.235812H2$	0.3295	21.69970
$\hat{y} = 1.588953 + 0.326619 H2 - 0.295071 H3$	0.3360	21.59502
$\hat{y} = 1.889594 + 0.184265 H3 - 0.257679 H4$	0.0081	26.39356

Similares resultados se muestran en el Cuadro 10, donde al analizar la humedad en tres (H1, H2 H3; H2, H3, H4) y cuatro etapas fenológicas, (H1, H2, H3 y H4) la R² es de 0.35; 0.398 y 0.40, respectivamente. Es notable en este Cuadro 10 que la humedad a la siembra (H1) tiene gran influencia sobre la variable (H2), ya que para 1994 el aporte de humedad en cada parcela es significativo al consumo total del cultivo durante todo el ciclo, lo cual se aprecia en la Figura 2.

Cuadro 10. Ecuaciones de regresión y coeficientes de determinación (R^2) y variación (CV), para rendimiento de grano en función de la humedad en maíz H-412 en tres y cuatro etapas fenológicas. Fco. Villa Dgo. 1994.

Modelo	R^2	C.V.
$\hat{y} = 0.379898 + 0.123389H1 + 0.289538H2 - 0.221021H3$	0.3595	21.75995
$\hat{y} = 1.399319 + 0.361327H2 + 0.207752 H3 - 0.715588H4$	0.3939	21.16783
$\hat{y} = 0.598977 + 0.083584H1 + 0.332790H2 + 0.208393H3$ $-0.645113H4$	0.4041	21.56348

Con respecto a H-412 en 1995, la variable que mayor efecto tuvo sobre rendimiento de grano fue la humedad a la siembra (H1), su valor de R^2 fue de 0.29, siendo más alto su valor de coeficiente de determinación (R^2) que el de la humedad a diferenciación floral (H2), antesis (H3) y floración (H4). (Cuadro 11). Para este genotipo la relación entre las variables de humedad es significativa al resto de las demás humedades (H2, H3, H4), apreciándose lo anterior en el Cuadro A17, sin embargo en el Cuadro A23 se muestra que solamente H1 es significativa, señalándose que al menos un coeficiente de regresión es diferente de cero, además los coeficientes de determinación (0.296 y 0.203 respectivamente) fueron superiores para las humedades H1 y H2 comparados con H3 y H4 (Cuadro 11).

Cuadro 11. Ecuaciones de regresión y coeficientes de determinación (R^2) y variación (CV), para rendimiento de grano en maíz H-412 en función de la humedad en las diferentes etapas fenológicas. Fco. Villa, Dgo. 1995.

Modelo	R^2	C.V.
$\hat{y} = 749.611271 + 47.930086 H1$	0.2966	10.76242
$\hat{y} = 1138.360920 + 29.186417H2$	0.2037	11.45105
$\hat{y} = 1037.224693 + 33.942503 H3$	0.0245	12.6741
$\hat{y} = 1107.664946 + 22.962393 H4$	0.0928	12.22240

Tratando de identificar en forma más precisa el efecto de H1 sobre rendimiento, se procedió a explicar el rendimiento en función de dos o más etapas de humedad conjuntas.

Mostrándose en el Cuadro 12 los resultados obtenidos, donde el coeficiente de determinación de la relación H1, H2 con rendimiento de grano es 0.3057 (Cuadro 12), incrementándose únicamente un 1 %, lo cual indica que el efecto más grande de la humedad sobre rendimiento de grano es debido principalmente a H1 (Cuadro 11).

Cuadro 12. Ecuaciones de regresión y coeficientes de determinación (R^2) y variación(CV), para rendimiento de grano en maíz H-412 en función de la humedad en dos etapas fenológicas. Fco. Villa Dgo. 1995.

Modelo	R^2	C.V.
$\hat{y} = 707.939650 + 46.969819 H1 + 17.861878 H2$	0.3057	11.00284
$\hat{y} = 991.032587 + 18.025159H2 + 32.948353H3$	0.2129	11.714
$\hat{y} = 1026.530973 + 108.481526 H3 - 79.367248H4$	0.3302	10.80644

Sin embargo, en el Cuadro 13 se tiene que cuando se relaciona humedad a la siembra (H1), diferenciación floral (H2) y a antesis (H3) los valores de R^2 son del 0.49, y cuando se relaciona la humedad en las cuatro etapas fenológicas con rendimiento, la explicación a la variación se incrementa a 53%, ocasionado como ya se discutió por la inclusión de más variables al modelo.

Cuadro 13. Ecuaciones de regresión y coeficientes de determinación (R^2) y variación(CV), para rendimiento de grano en maíz H-412 en función de la humedad en tres y cuatro etapas fenológicas. Fco. Villa, Dgo. 1995.

Modelo	R^2	C.V.
$\hat{y} = 556.481703 + 47.268396H1 + 6.523063H2 + 33.259H3$	0.4976	9.64733
$\hat{y} = 975.661525 + 19.817522H2 + 107.91434H3 - 79.991810H4$	0.3413	11.04644
$\hat{y} = 602.604992 + 41.294386H1 + 9.002582H2 + 76.160882H3 - 45.781947H4$	0.5351	9.58442

Los resultados para los genotipos Blanco Hualahuises y H-412 en el año de 1994 discutidos anteriormente, indicaron que la lámina de agua a la siembra (H1) no es suficiente para llegar a producción de grano, es decir que por si sola H1 no explica la variación en rendimiento de grano. Sin embargo en ambos genotipos en 1994, H1 y H2 explicaron más consistentemente la variación en rendimiento comparados con H3 y H4.

Es importante recalcar que para las condiciones de precipitación que se tuvieron en 1994 durante el ciclo de cultivo (95mm), el aporte de agua más importante se dio antes de la siembra (50.7 mm) (Figura 2), lo cual ayudó al desarrollo del cultivo y mantuvo humedad residual para etapas posteriores, aunado a los aportes de humedad posteriores a la siembra de 44.3 mm durante el ciclo de cultivo. El que los genotipos (Blanco Hualahuises y H-412) hallan llegado a producción de grano con solamente dos aportes de humedad, que fueron en la etapa de siembra (H1) y diferenciación floral (H2), se debió al sistema de captación de agua (bordería antierosiva) que se tiene en el área, el cual aumentó la disponibilidad natural para retener y almacenar el agua proveniente de la precipitación en el período previo a la siembra, que se considera son los mayores aportes de humedad.

Coincidiendo con lo expresado por Morin y Mattlock, (1974); Fogel y Lopes, (1990); Oron y Enhoven, (1987) quienes consideran que estos sistemas ayudan a suplementar los requerimientos de agua de un cultivo en una área pequeña, ya que en condiciones normales de siembra sin sistemas de captación, la lluvia sería insuficiente. Sin embargo el sistema de captación (bordería antierosiva) permitió retener y almacenar humedad residual, evitando que se castigara por humedad al cultivo severamente en las demás etapas, consiguiendo que el mayor efecto sobre producción de grano sea debido al agua disponible de H1 y H2.

Los efectos de la falta de agua sobre el cultivo han sido observados por Kozlowski, (1968), Chan et al., (1987 y Swan et al., (1990) quienes en maíz y otros cultivos han demostrado la necesidad de agua en las diferentes etapas fenológicas, considerando que un estrés en cualquier etapa reduce el rendimiento y por Tapia et al. (1989) quienes mencionaron que en estas zonas las pérdidas en producción por escasez de agua pueden ser hasta del 100%, de ahí la importancia del sistema de captación.

Además, los resultados de los análisis de regresión referentes al coeficiente de determinación (0.13; 0.3213 para Blanco Hualahuises y H-412 respectivamente) para

humedades conjuntas (H1. H2) son similares a los presentados por Goos et al., (1984); Bauer et al., (1965), quienes trabajando con trigo, para determinar las necesidades de resiembra en base al agua inicial en el suelo, reportaron valores de R^2 menores al 50%.

Para el caso de Blanco Hualahuises y H-412 en 1995, se encontró una relación importante entre la humedad al momento de la siembra y el rendimiento. Teniéndose que H1 explica el 49 % y 29% de la variación en rendimiento para Blanco Hualahuises y H-412, respectivamente. Esto fue debido a que las lluvias antes de la siembra fueron abundantes (118.5 mm) (Figura 3), permitiendo que se tuviera gran disponibilidad de agua en esta etapa, la cual perduró como humedad residual durante el ciclo de cultivo, ya que posteriormente no hubo aportes de humedad por precipitación. Sin embargo, la gran disponibilidad de agua a la siembra, fue debida al sistema de captación de agua (bordería antierosiva) que se tiene en el área, el cual aumentó la captación y retención de agua proveniente de la precipitación en el período previo a la siembra, que se considera son los mayores aportes de humedad, permitiendo lo anterior llegar a producción de grano..

Estos resultados durante el ciclo 1995, coinciden con lo reportado por Goos et al., (1984); Nix y Fitzpatrick,(1969); Holmes y Robertson, (1963), quienes consideraron que la humedad a la siembra (H1). es una variable significativa en su efecto sobre rendimiento de grano.

Concluyendo de acuerdo a la discusión anterior que los modelos de predicción que incluyan humedad a la siembra (H1) para explicar la variación en rendimiento dependen principalmente de la magnitud de la precipitación antes de la siembra, es decir que para años donde la precipitación exceda los 100 mm antes de la siembra se puede predecir con más seguridad el rendimiento.

Tratando de explicar más la variación en rendimiento durante los ciclos 1994 y 1995 en los genotipos evaluados, se procedió a introducir a los modelos obtenidos que se muestran en el Cuadro 14 la variable densidad de población.

Cuadro 14. Modelos seleccionados en la etapa de regresión considerando rendimiento de grano y la humedad en las diferentes etapas fenológicas para maíz Blanco Hualahuisés y H-412. Fco. Villa, Dgo. 1994-1995.

Año	Modelo	R²	CV
Blanco Hualahuisés			
1994	$\hat{y} = -0.374267 + 0.163666 H1 + 0.262204 H2$	0.1366	39.12365
1995	$\hat{y} = 1184.3953 + 113.8037 H1$	0.4927	13.3800
H-412			
1994	$\hat{y} = -0.343621 + 0.176067 H1 + 0.235812 H2$	0.3295	21.6997
1995	$\hat{y} = 749.6112 + 47.9300 H1$	0.2960	10.7600

En el Cuadro A21 se muestran los resultados del análisis de varianza para la relación rendimiento de grano, humedad a la siembra (H1), diferenciación floral (H2), con densidad de población para los genotipos evaluados en 1994, y rendimiento de grano, humedad a la siembra (H1), y densidad de población para Blanco Hualahuisés y H-412 en 1995. Observándose en dicho Cuadro A21 que al relacionar estas variables para los genotipos en los dos ciclos, existe significancia estadística, considerándose que al menos uno de los coeficientes de regresión es diferente de cero.

En el Cuadro 15 se presenta la información de los modelos seleccionados para ambos genotipos y su correspondiente coeficiente de determinación (R²) y variación (CV). Se aprecia que para Blanco Hualahuisés en el ciclo 1994 y 1995 la R² es de 0.53 y 0.51 respectivamente y para H-4412 es de 0.32 y 0.29 respectivamente.

Cuadro 15. Variables de entrada a los modelos de rendimiento de grano en función de la humedad en diferentes etapas fenológicas y densidad de población para los dos genotipos. Fco. Villa Dgo. 1994-1995.

Año	Modelo	R²	C.V.
Blanco Hualahuises			
1994	$\hat{y}=0.0000 + 0.2852 H1 + 0.2448 H2 + 0.6344 Den$	0.5366	29.40764
1995	$\hat{y}=0.00000000+ 0.6630 H1+ 0.1440 Den$	0.5120	13.53505
H-412			
1994	$\hat{y}=0.0000 + 0.2807 H1 + 0.4485 H2 + 0.3761 Den$	0.4697	19.79921
1995	$\hat{y}=0.0000 + 0.5465 H1 - 0.088 Den$	0.2967	11.0758

Los resultados para Blanco Hualahuises y H-412 en 1994, donde los modelos encontrados $\hat{y}= 0.0000 + 0.2852 H1 + 0.2448 H2 + 0.6344 Den$, y $\hat{y}=0.0000 + 0.2807 H1 + 0.4485 H2 + 0.3761 Den$, explican el rendimiento en un 53% y 49%, mostraron que en este ciclo la inclusión de densidad de población a los modelos de predicción que contemplan humedad a la siembra (H1) y a diferenciación floral (H2) del Cuadro 14, incrementaron el R² de un 13% a un 53%, es decir 40% más en Blanco Hualahuises y de 32% a 46%, 14% más en H-412. Además la densidad de población fue significativa ($p < 0.05$) en ambos genotipos (Cuadro A24), evidenciándose la fuerte influencia de densidad de población para explicar la variación en rendimiento.

Este incremento del R² en este ciclo se debió a que no hubo problemas durante la siembra, y a una distribución más uniforme de la precipitación durante el ciclo, comparado con el año de 1995, donde toda la humedad, fue aportada por la precipitación antes de la siembra. En este ciclo de 1994 al haber más humedad durante las diferentes etapas hubo un desarrollo más adecuado del cultivo por parcela, lo cual se vio reflejado en el rendimiento.

Los valores de R² para Blanco Hualahuises y H-412 en 1994, obtenidos en el

Cuadro 15 son similares a los reportados por Swan *et al.* (1990) quienes trabajando con maíz en el valle de Misissipi (USA), expresaron que los limitantes son humedad, densidad de plantas y déficit de crecimiento en grados día, los cuales explicaron el 77% de la variación en rendimiento.

Para la variedad Blanco Hualahuises y H-412 en 1995, el rendimiento es explicado por los modelos ($\hat{y}=0.00000000+ 0.6630 H1+ 0.1440 \text{ Den}$; $\hat{y}=0.0000 + 0.5465 H1 - 0.088 \text{ Den}$) (Cuadro 15), con coeficientes de determinación de 0.51 y 0.29 respectivamente.

Mostrándose que en este ciclo la inclusión de densidad de población a los modelos de predicción que contemplan humedad a la siembra (H1) del Cuadro 14, solamente incrementaron el R^2 de un 49% a un 51%, es decir solamente 2% más en Blanco Hualahuises y de 29.6% a 29.67%, en H-412; observándose en este ciclo que la densidad de población no influyó para explicar la variación en rendimiento, ya que según los resultados del Cuadro A24, la prueba de t no mostró efecto para densidad de población en Blanco Hualahuises y H-412 en este ciclo. Resultados similares fueron encontrados por Runge y Odell, (1958), quienes encontraron valores de R^2 del 67 % en modelos en los cuales se usaron variables climáticas y fenológicas.

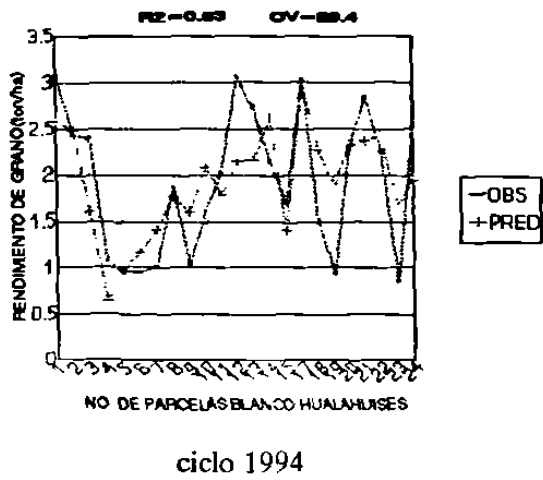
Esta falta de respuesta de densidad de población en 1995, para aportar a la explicación en rendimiento se debió a que la humedad a la siembra (H1) explicó el mayor porcentaje de variación en rendimiento (0.49 y 0.29) para Blanco Hualahuises y H-412, respectivamente, y por lo tanto hubo poco efecto de densidad de población. A pesar de que toda la humedad para el cultivo fue aportada por la precipitación antes de la siembra (118.5 mm) y lo anterior se esperaba que ocasionara disminución en la densidad de población debido a la falta de agua en posteriores etapas, lo cual no sucedió y por lo tanto esta variable no afectó el rendimiento.

Los valores observados y predichos para los modelos de regresión para rendimiento de grano en los dos genotipos del Cuadro 15 se presentan en los Cuadros A25, A26, A27 y A28, cuyos valores se usaron para elaborar las Figuras 4, y 5.

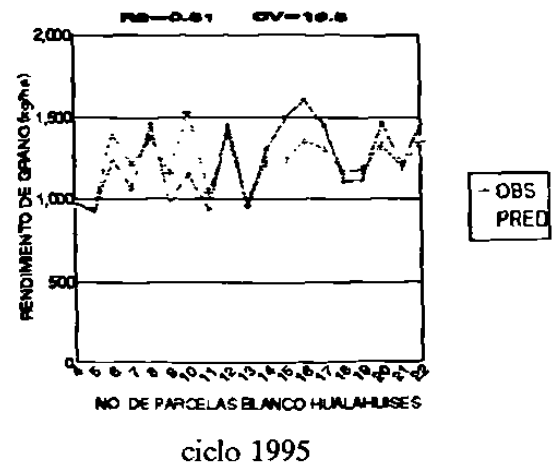
En las Figuras 4 (a) y (b) para Blanco Hualahuises en 1994 y 1995, se aprecia que la tendencia de los valores de rendimiento son similares para los dos ciclos, esto debido al

valor de R^2 0.53 y 0.51 , no así el coeficiente de variación 29.4 y 13.53, respectivamente, lo anterior debido a que durante 1995 las condiciones de lluvia durante el ciclo fueron de 118.5 mm y en 1994 de 95.0 mm, y a que el modelo para Blanco Hualahuises en 1994, tuvo como variables de entrada H1, H2 y densidad de población, mientras que en 1995, entraron H1 y densidad de población, lo cual influyó en la variación mostrada.

En la Figura 5 se observa el mejor modelo para predecir rendimiento de grano para H-412 , en 1994 y 1995, observándose que el modelo (a) explica una R^2 de 0.49, mayor un 20% que el (b), en su efecto a la explicación de la variación en rendimiento, pero con tres variables de entrada (H1, H2, y densidad de población), mientras que el modelo (b) incluyó H1 y densidad de población, teniéndose un menor valor de R^2 , además en 1994, la lluvia estuvo mejor distribuida (Figura 2) que en 1995, donde antes de la siembra se precipitó el 60% del total, (118.5 mm).

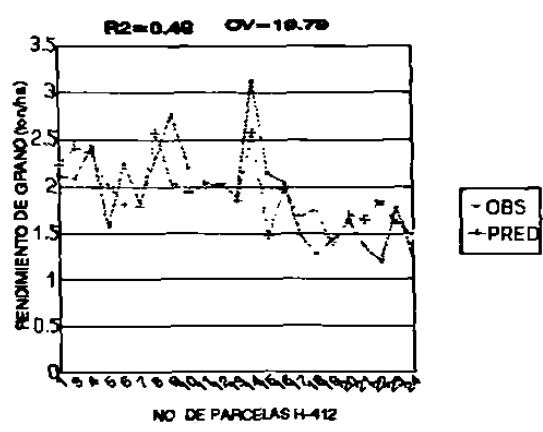


(a)

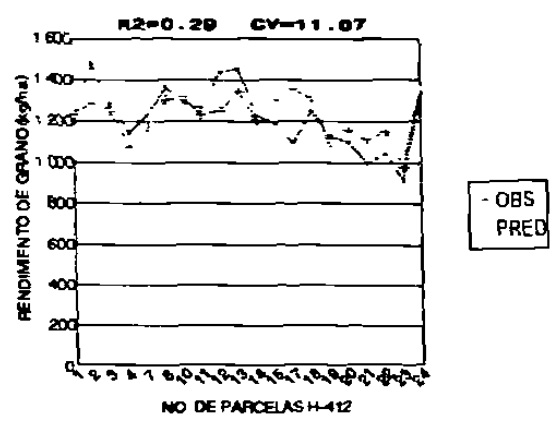


(b)

Figura 4. Valores observados y predichos para el modelo con los componentes humedad a la siembra(H1), humedad a diferenciación floral(H2), y densidad de población en maíz Blanco Hualahuises. Fco. Villa, Dgo. 1994-1995. Predicción de rendimiento y riesgo en agricultura de secano.



(a)



(b)

Figura 5. Valores observados y predichos para el modelo con los componentes humedad a la siembra(H1), humedad a diferenciación floral(H2), y densidad de población para maíz H-412. Fco. Villa, Dgo. 1994-1995. Predicción de rendimiento y riesgo en agricultura de secano.

4.2.2. Segunda etapa

Los valores de rendimiento de grano para los dos genotipos observados en campo, fueron utilizados para determinar el nivel de probabilidad (éxito o fracaso) de obtener cierto rendimiento en años futuros para las condiciones climáticas del área. En agricultura de secano, el agricultor se enfrenta a la incertidumbre o riesgo que puede tener al establecer un cultivo, principalmente por los factores climáticos; de tal manera, la idea fue evaluar los modelos de predicción de la etapa anterior (Cuadro 15), a un nivel de probabilidad aceptable; o que ayudaran a definir la probabilidad de riesgo al cual se obtienen los rendimientos en el área en estudio, para definir la factibilidad de establecer la siembra en este tipo de agricultura.

Los valores de rendimiento observado durante los ciclos 1994 y 1995 en los dos genotipos (Cuadros A1, A2, A3, y A4), fueron usados para estimar la varianza ambiental (S^2); (ecuaciones 6 y 7) y la probabilidad de riesgo (ecuación 8) utilizando dos modelos de estabilidad (ecuaciones 6 y 7). La probabilidad de riesgo (α) utilizada en primera instancia, fue de un 95% de confianza (Eskridge, 1990; Dillon y Scandizzo, 1978; Hazell, 1982); es decir, una oportunidad en 20 de fracasar. Se aumentó sucesivamente el nivel de riesgo para ambos genotipos, hasta el punto en que los valores de rendimiento de campo fueran similares a los valores predichos por el modelo de riesgo.

En los Cuadros 16, 17, 18 y 19 para Blanco Hualahuises y H-412 en 1994 y 1995, respectivamente se aprecia que la metodología para ambos genotipos funcionó adecuadamente para una probabilidad de riesgo de 30 %: valores similares a los reportados por Eskridge, (1990). Sin embargo, debe considerarse que estos resultados varían dependiendo del genotipo usado, de las condiciones climáticas que se presentan en cada año, y por ende del contenido de humedad almacenado en el suelo durante el ciclo de cultivo. Además, los modelos predicen exitosamente para un 70% de confianza, sin embargo, hay que hacer notar que para niveles de probabilidad más altos, los rendimientos predichos decrecen. Esto implica que la bondad de los rendimientos en Fco. Villa Dgo. en ambos ciclos y genotipos para años subsecuentes se presentarán en esos rangos para un nivel de confianza del 70%, lo cual significa que la metodología puede ser empleada para estas zonas siempre y cuando sea utilizada para validaciones *in-situ*, o bien desarrollar

predicciones bajo esta misma propuesta en otras áreas.

En la Figuras 6, se observa el ajuste obtenido entre los valores observados y los predichos por el modelo de riesgo para dos métodos de estimar la varianza (EV; FW) para H-412 y Blanco Hualahuisés en 1994, observándose que para la variedad Blanco Hualahuisés y el híbrido H-412 el ajuste para los modelos obtenidos es de 0.96 y 0.99 respectivamente, apreciándose en los cuadros 16 a 19 que el modelo más confiable para predecir rendimientos es el de la ecuación 7 (FW). Similares resultados se presentan en la Figura 7, para Blanco Hualahuisés y H-412 en 1995.

Cuadro 16. Valores de rendimiento de grano (ton/ha) observados y predichos por el modelo de riesgo para maíz. Blanco Hualahuisés. Fco. Villa, Dgo. 1994.

Ȳmed i. ton/ha	PRED(0.3) EV	PRED(0.3) FW
3.0921	2.8905	3.0677
2.4492	2.0011	2.4248
2.4031	2.1489	2.3787
1.0853	0.8604	1.0609
0.9519	0.7708	0.9275
0.9520	0.8648	0.9277
1.0126	0.8987	0.9882
1.8706	1.7932	1.8462
1.0367	0.8627	1.0123
1.6212	1.2669	1.5969
2.0190	1.5491	1.9947
3.0624	2.5395	3.0380
2.7359	2.0618	2.7115
2.1559	1.9114	2.1316
1.7082	1.4293	1.6839
3.0332	2.8097	3.0088
1.5039	1.1616	1.4796
0.9466	0.8174	0.9222
2.2773	1.7546	2.2529
2.8522	2.3285	2.8278
2.2684	2.0519	2.2440
0.8500	0.5928	0.8256
2.5258	2.1244	2.5014

LIOTECA Agronomía U.A.M.L.

Cuadro 17. Valores de rendimiento de grano (ton/ha) observados y predichos por el modelo de riesgo para maíz. Blanco Hualahuises. Fco. Villa, Dgo. 1995.

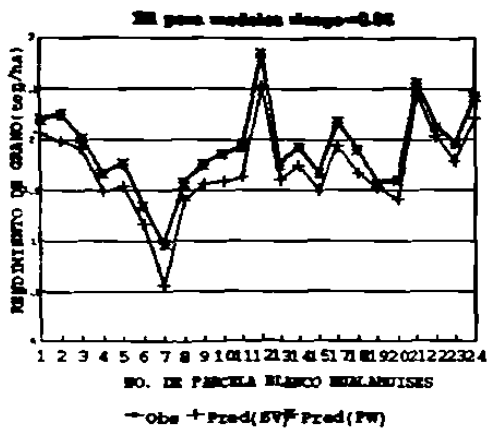
Ymed L ton/ha	PRED(0.3) EV	PRED(0.3) FW
976.0488	942.1378	976.0428
928.0464	895.8031	928.0404
1236.0618	1193.1170	1236.0560
1064.0532	1027.0840	1064.0473
1464.0732	1413.2067	1464.0675
988.0494	953.7214	988.0434
1156.0578	1115.8927	1156.0520
935.0467	902.5602	935.0407
1454.0727	1403.5537	1454.0670
962.0481	928.6235	962.0421
1304.0652	1258.7579	1304.0594
1500.0750	1447.9577	1500.0694
1600.0800	1544.4882	1600.0744
1450.0725	1399.6924	1450.0668
1112.0556	1073.4193	1112.0497
1120.056	1081.1417	1120.0501
1468.0734	1417.0679	1468.0677
1204.0602	1162.2274	1204.0544
1456.0728	1405.4843	1456.0671

Cuadro 18. Valores de rendimiento de grano(ton/ha)observados y predichos por el modelo de riesgo para maíz. H-412. Fco. Villa, Dgo. 1994.

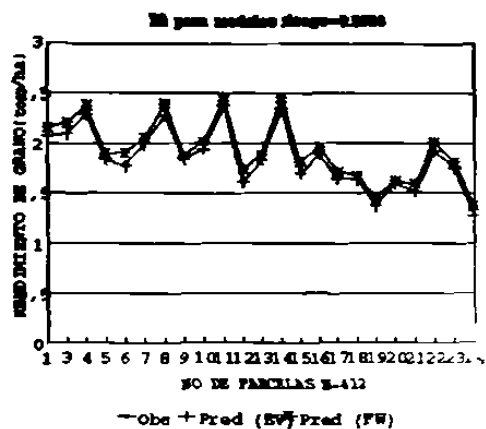
Y_{med i} ton/ha	PRED(0.3) EV	PRED(0.3) FW
2.1202	1.8075	2.1099
2.0899	1.7664	2.0797
2.4391	2.0451	2.4288
1.5900	1.5196	1.5797
2.2506	1.9930	2.2403
1.8324	1.6445	1.8222
2.3110	2.1521	2.3008
2.7720	2.5639	2.7617
2.2037	1.9492	2.1935
2.0476	1.6887	2.0374
2.0198	1.6498	2.0096
1.9209	1.5315	1.9107
3.1316	3.0950	3.1214
2.1510	1.8205	2.1408
2.0520	1.7218	2.0417
1.4906	1.3207	1.4804
1.2832	1.1925	1.2730
1.4465	1.3521	1.4363
1.6440	1.5174	1.6337
1.3779	1.0933	1.3677
1.2039	1.1147	1.1937
1.8022	1.5459	1.7920
1.2522	1.0985	1.2419

Cuadro 19. Valores de rendimiento de grano (ton/ha) observados y predichos por el modelo de riesgo para maíz H-412. Fco. Villa, Dgo. 1995.

Y_{med i} ton/ha	PRED(0.3) EV	PRED(0.3) FW
1200.0600	1158.3662	1200.0521
1482.1572	1365.3292	1482.1493
1282.0650	1219.5477	1282.0571
1141.0164	1112.1747	1141.0085
1229.5818	1180.6169	1229.5739
1364.0700	1279.5851	1364.0621
1291.9056	1226.7903	1291.8977
1265.6640	1207.4432	1265.6561
1439.5146	1334.4233	1439.5067
1459.1958	1348.6937	1459.1879
1232.8620	1183.0696	1232.8541
1190.2194	1150.8601	1190.2115
1095.0936	1072.5902	1095.0857
1248.4430	1194.6788	1248.4350
1124.6154	1098.5869	1124.6075
1098.3738	1075.6003	1098.3659
995.0475	964.2653	995.0395
1042.6104	1019.3462	1042.6025
916.3227	867.3015	916.3147
1339.4685	1261.6373	1339.4606

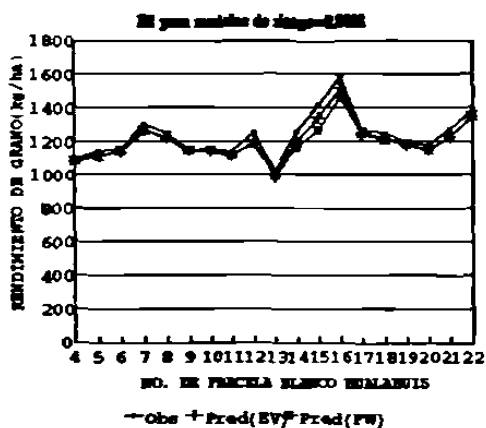


(a)

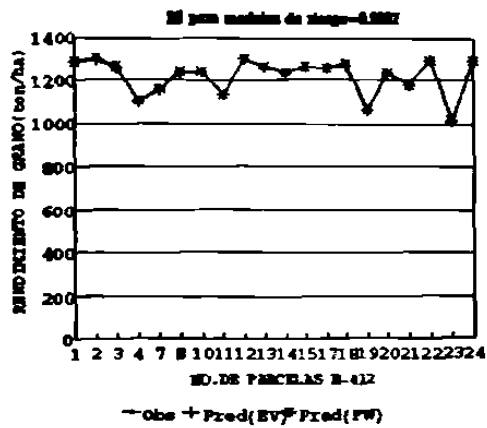


(b)

Figura 6. Valores observados y predichos por los modelos de riesgo en maíz (a)Blanco Hualahuises y (b)H-412. Fco. Villa, Dgo. 1994. Predicción de rendimiento y riesgo en agricultura de secano.



(a)



(b)

Figura 7. Valores observados y predichos por los modelos de riesgo en maíz (a)Blanco Hualahuises y (b)H-412. Fco. Villa. 1995. Predicción de rendimiento y riesgo en agricultura de secano.

4.2.3. Tercera etapa

Con la finalidad de afianzar los resultados de la etapa anterior, se procedió a utilizar la metodología de interacción de X^2 para seleccionar la lámina de agua, que definió el rango de rendimientos observados, según el análisis de riesgo, y que ayudó a tomar la decisión de siembra o no siembra.

En los Cuadros 20 y 21, se reporta la información de lámina de agua a la siembra y rendimiento de grano para los dos genotipos en las 24 parcelas a partir de los cuales se estimó la interacción de X^2 que permitió calcular los rangos de lámina de agua a la siembra.

Para lo anterior se consideró el rendimiento promedio regional de 1000 kg ha^{-1} para grano considerado como aceptable en la zona. Peña y Zapata, (1990) reportaron para maíz en la zona centro de México, rendimientos de 645 a 835 kg ha^{-1} en genotipos precoces, bajo condiciones críticas de humedad y con siembras tardías como sucedió en 1994 y 1995 para Blanco Hualahuises y H-412

Una vez ordenados los valores de los Cuadros 20 y 21, en forma ascendente de acuerdo a la lámina de agua; el cálculo de la interacción de X^2 se realizó mediante el uso de tablas de contingencia de 2^* (ecuación 14). Por un lado se contempló los valores críticos para lámina de agua, asignándose los valores (6.5, 7.0, 7.5, 8.0, 8.5, 9.0, 9.5, 10.0 10.5 cm). Por el otro, el rendimiento promedio regional de 1000 kg ha^{-1} . Los valores arriba y abajo de dicho rendimiento definieron la transición entre éxitos y fracasos. Este procedimiento se efectuó para cada uno de los valores críticos empleados para Blanco Hualahuises en 1994 y para los dos genotipos en 1994 y 1995, respectivamente. Los valores resultantes se graficaron contra la lámina de agua en el eje de las X y valores de X^2 en el eje de las Y, usando el valor de 1000 kg ha^{-1} para definir la zona de entrecruce (zona que divide la población en rendimientos arriba del promedio y abajo del mismo). El propósito fue buscar un valor de X^2 al nivel de significancia del $0.05(\alpha)$, para un grado de libertad (gl) definido con ayuda de las columnas(c) e hileras(h) de las tablas de contingencia empleadas para el cálculo (c-1),(h-1). Este valor marcó la transición mediante la cual se seleccionó la lámina de agua a la siembra que ayuda a tomar la decisión de sembrar.

Cuadro 20. Rendimiento de grano (ton/ha) y lámina de agua (cm) a la siembra en maíz Blanco Hualahuises y H-412 por parcela. Fco. Villa, Dgo. 1994.

1994		1994	
Blanco Hualahuises		H-412	
Rend. grano	Lámina siembra	Rend. grano	Lámina siembra
3.09	6.36	2.12	8.22
2.44	6.42	2.09	8.76
2.40	6.75	2.43	8.85
1.08	7.26	1.59	8.85
0.95	7.32	2.25	8.88
0.95	7.32	1.83	9.0
1.01	7.5	2.31	9.24
1.87	7.53	2.77	9.27
1.03	7.59	2.20	9.27
1.62	7.65	2.04	9.33
2.01	7.81	2.01	9.33
3.06	8.13	1.92	9.6
2.73	8.67	3.13	9.81
2.15	8.73	2.15	9.9
1.70	8.79	2.05	9.9
3.03	9.0	1.49	10.02
1.50	9.18	1.28	10.02
0.94	9.21	1.44	10.08
2.27	9.24	1.64	10.35
2.85	9.63	1.37	10.47
2.26	9.66	1.20	10.47
0.85	9.75	1.80	10.56
2.52	9.96	1.25	10.77

Cuadro 21. Rendimiento de grano (ton/ha) y lámina de agua (cm) a la siembra en maíz Blanco Hualahuisés y H-412 por parcela. Fco. Villa, Dgo. 1995.

1995		1995	
Blanco Hualahuisés		H-412	
Rend. grano	Lámina siembra	Rend. grano	Lámina siembra
976	6.05	1200.1	5.0
928	6.22	1482.2	7.0
1236.1	6.28	1282.1	7.5
1064.1	6.51	1141	7.5
1464.1	7.84	1229.6	9.7
988	7.93	1364.1	9.8
1156.1	8.01	1291.9	9.8
935	8.25	1265.7	9.8
1454.1	8.25	1439.5	10.0
962	8.38	1459.2	10.6
1304.1	8.48	1232.9	10.8
1500.1	8.5	1190.2	10.8
1600.1	8.95	1095.1	10.8
1450.1	9.29	1248.4	11.0
1112.1	9.53	1124.6	11.2
1120.1	10.08	1098.4	11.4
1468.1	10.08	995	11.4
1204.1	10.12	1042.6	11.4
1456.1	10.53	916.3	11.5
		1039.5	11.6

En el Cuadro 22, y Figura 8 se observa que la zona de entrecruce para Blanco Hualahuisés definió una lámina de agua a la siembra de 6.5-7.8 cm a un nivel de significancia (α) del 0.005; para H-412 no hubo rangos de humedad definidos ya que los valores de rendimiento de campo (Cuadro 20) excedieron al valor de media regional (1000 kg ha⁻¹); por lo cual no fue posible aplicar la metodología, hay que considerar que en la zona este es el rendimiento promedio y a este valor hay que generar los modelos. Considerando que en este caso la menor lámina de agua registrada a la siembra fue de 8.22 cm (Cuadro 20), la cual supera cualquier rango de los calculados y por ende los rendimientos mayores a 1000 kg ha⁻¹ obtenidos en todas las parcelas en 1994.

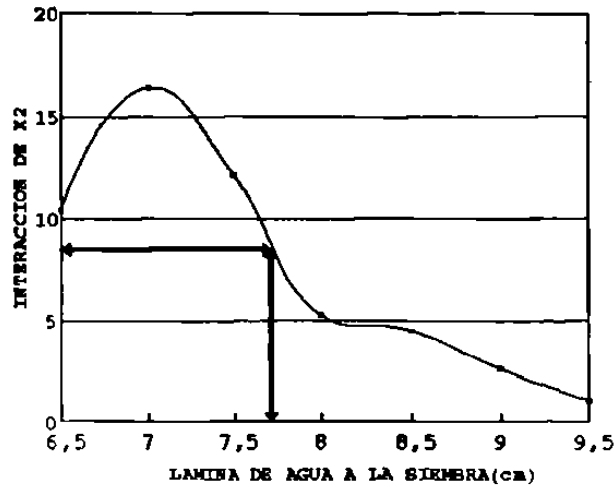
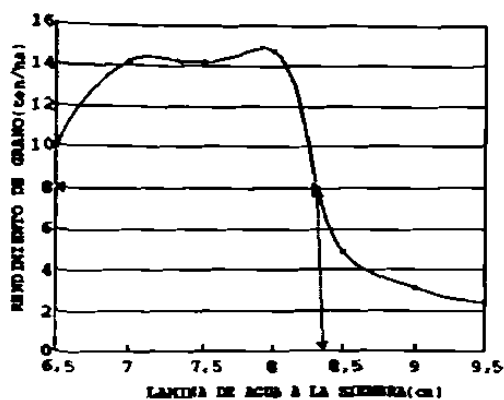


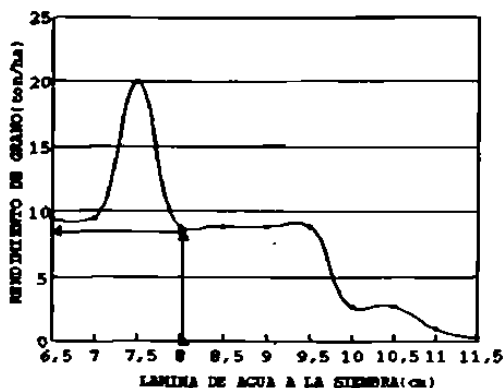
Figura 8. Interacción de X^2 para maíz Blanco Hualahuis. Fco. Villa, Dgo. 1994. Predicción de rendimiento y riesgo en agricultura de secano.

Cuadro 22. Resultados de la interacción de X^2 para rendimiento de grano en maíz Blanco Hualahuis 1994 y Blanco Hualahuis y H-412 en 1995. Fco. Villa Dgo.

1994		1995	
Blanco Hualahuis		Blanco Hualahuis	H-412
valor crítico lámina de agua	valor X^2	valor X^2	valor X^2
6.5	10.40	9.97	9.4
7	16.38	14.18	9.42
7.5	12.15	14.18	20.0
8	5.28	14.70	8.88
8.5	4.50	4.93	8.88
9	2.58	3.13	8.88
9.5	1.019	2.42	2.71
10		1.019	2.71
10.5			0.95
11.0			0.24



(a)



(b)

Figura 9. Interacción de X^2 para maíz (a) Blanco Hualahuises y (b) H-412. Fco. Villa, Dgo. 1994-1995. Predicción de rendimiento y riesgo en agricultura de secano.

Los resultados anteriores indican que en años futuros se deben presentar esos rangos de humedad para decidir la siembra, y dependiendo del establecimiento de la siembra, si esta es realizada antes del mes de julio se puede definir usar variedades tardías, si es después se recomiendan variedades precoces. En caso de no tenerse los rangos de humedad seleccionados para cada genotipo no se establecerá el cultivo.

Estos resultados son confiables, siempre y cuando se tengan láminas de agua a la siembra, que presenten un rango de 6.5 cm - 7.8 cm y de 6.5 cm - 8.3 cm para Blanco Hualahuises en 1994 y 1995, respectivamente y para el híbrido H-412, de 6.5 cm - 8.0 cm en 1994. Garantizándose al menos un rendimiento igual o mayor al promedio regional de 1000 kg ha⁻¹. y arriba de esos rangos se podrían tener producciones mayores a 1000 kg ha⁻¹.

Esto coincide con Goos *et al.* (1984) quienes mencionaron que la lámina de agua a la siembra es un factor crítico en el éxito de la producción agrícola en zonas de temporal. Los anteriores resultados variaron entre ciclos (1994 y 1995) debido a la diferencia que se presentó en láminas de agua entre parcelas. Sin embargo, se considera que los resultados son confiables al nivel de significancia obtenido y para cada genotipo.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El uso de variables de suelo y planta evaluadas en los ciclos 1994 y 1995 para los dos genotipos permitió generar modelos de predicción de rendimiento de grano, con buena confiabilidad, además la metodología funciona a un nivel de confianza del 70 % con lo cual se cumple con el primer objetivo.

En los sistemas de producción de cosecha de agua con escasa precipitación en el período de crecimiento, la humedad a la siembra es factor determinante para obtener rendimientos aceptables. Además es posible predecir el rendimiento con modelos de regresión considerando la humedad a la siembra (H1).

Se considera que en el caso de los modelos que evalúan estabilidad es recomendable utilizar el modelo que mide estabilidad a través de los ambientes (EV), por ser más sencillo y con similar confianza que el modelo de Finlay y Wilkinson (FW).

El modelo de riesgo utilizado es confiable para realizar estimaciones de rendimiento en agricultura de secano, siendo una herramienta útil para definir riesgo climático, y para el área de secano de Fco. Villa, Dgo. El nivel de riesgo en los dos genotipos de maíz evaluados es de un 0.3, es decir 70 % de posibilidades de tener rendimientos similares a los de 1994 y 1995.

La interacción de X^2 es una buena herramienta para identificar rangos de humedad inicial en el suelo, que definen las posibilidades de siembra o no siembra, y para este caso los rangos para Blanco Hualahuises son de (6.5-7.8 cm) y (6.5-8.3 cm) en 1994 y 1995 respectivamente, y (6.5-8 cm) para H-412 en 1995, permitiendo estos valores tomar la decisión de sembrar o no, cumpliéndose con el segundo objetivo.

La metodología que se desarrolló, funcionó adecuadamente en el área de Fco. Villa, Dgo. para realizar predicciones de rendimiento en años futuros. Esta metodología podría ser valiosa para decidir el establecimiento del cultivo.

Se sugiere validar esta metodología en otras áreas de la Comarca lagunera para ampliar sus perspectivas de aplicación e investigación bajo condiciones de riesgo climático.

LITERATURA CITADA

- Abbaspour, K.C. 1992. A yield model for use in determining crop insurance premiums. *Agricultural and forest meteorology*. 60:33-51.
- Anaya G., M. 1981. Research methodologies for in-situ rain harvesting in rainfed agriculture , rainfall collection for agriculture in arid and semiarid Regions, common wealth Agricultural Bureaux, Arizona, USA.
- Anaya G., M. 1987. Aprovechamiento del agua de lluvia en zonas agrícolas de temporal deficiente. *Memorias del taller sobre captación y aprovechamiento del agua con fines agropecuarios en zonas de escasa precipitación*. 1-46. INIFAP, CIID, SMCS, URUZA.
- Angus, J. F. 1990. The evolution of methods for quantifying risk in water limited environments. In proceedings of the international symposium on climatic risk in crop production. Models and management for the semiarid tropics and subtropics. Australia. pp. 39-53.
- Bajer, W. and G. W. Robertson. 1968. The performance of soil moisture estimates as compared with the direct use of climatological data for estimating crop yields. *Agricultural meteorology* 5:17-31.
- Bauder, J. W. and G. W. Randall. 1982. Regression models for predicting corn yields from climatic data and management practices. *Soil Sci. Soc. Am.* 46:158-161.
- Bauer, A., R. A. Young, and J. L. Ozburn. 1965. Effects of moisture on yields of spring wheat and barley. *Agronomy Journal* 57:534-536.
- Berbel, J. 1993. Risk programming in agricultural systems: a multiple criteria analysis. *Agricultural Systems*. 41:275-278.
- Bhoers, Th. M. and J. Ben-Asher. 1982. A review of rainwater harvesting. *Agric. Water Manage.*, 5: 145-148.
- Bhoers, T. M., D. M. Graff, R. A. Feedes and J. Ben-Asher. 1986. A linear regression model combined with a soil water balance model to design micro-catchments for water harvesting in arid zones. 32 p.
- Brichambaut, G. Perrin De and C.C. Wallen. 1963. A study of agroclimatology in semiarid zones of the near East. W. M. O. Tech. note, 56:64 pp.
- Cobessen, J.J. and V. T. Covello. 1989. Risk analysis: A guide to principles and methods for analyzing health and environmental risk. Executive office of the United States.

- Cooley, K. R., A. R. Dedrick, and G. W. Frasier. 1975. Water harvesting: State of the art. Watershed management. Proceedings of ASAE symposium. Logan UTAH.
- Colvin, T. S. y J. M. Lafen. 1981. Efecto del espaciamento entre surcos en Maíz y Soya sobre la erosión, escurrimiento y el dosel de las plantas. Transactions of the ASAE. 24(4):1227-122.
- Chan C., J. L., A. G. Bravo L. y F. J. Flores. 1987. Relaciones agua-suelo-planta-atmósfera del maíz de riego en zonas semiáridas. TERRA. 5(2):132-139.
- Dermine, P. and H. R. Klinck. 1966. The value of standar weather data in yield-climate studies of two oat varieties. Can. J. plant Sci. 46:27-34.
- Dillon, J. L. and P.L. Scandizzo. 1978. Risk attitudes of subsistence farmers in northeast Brasil. A sampling approach. Am. J. Agric. Econ. 60:425-435.
- Dirección de Estudios del Territorio Nacional. 1979. Descripción de la leyenda de la carta edafológica. DETENAL. México, D.F. pp. 91-94.
- Dirección general de conservación de suelo y agua. 1982. Manual de conservación del suelo y el agua. Colegio de Posgraduados. Chapingo, México.
- Draper, N. R. and H. Smith. 1966. Applied regression analysis. John Wiley & Sons. Inc. pp. 163-216. New York, U.S.A.
- Eberhart, S.A. and W. A. Russell. 1965. Stability parameters for comparing varieties. Crop Science 6:36-40.
- Ephrat, J. 1972. Cereal production. In: The Encyclopedia of agriculture. Vol. 2. pp. 58-67.
- Eskridge, K. M. 1990. Selection of stable cultivars using a safety first-rule. Crop Science 30:369-374.
- Enz, J. W. 1976. The influence of induced rainfall on corn and soybean yields in Minnesota. Ph.D. diss. Univ. of Minnesota, St. Paul(Diss. Abstr. 77-6944).
- Feedes, A. R. 1988. Modeling and simulation in hydrologic systems related to agricultural development:State of the art. Agricultural water management. 13:235-248.
- Finlay, k. W., and G. N. Wilkinson. 1963. The analysis of adaption in a plant-breeding programme. Aust. J. Agric. Res. 14:742-754.
- Frasier, G. W. 1985. Technical, Economic and Social considerations of water harvesting and runoff farming. In the conference of arid lands:Today and tomorrow. University of Arizona.
- Fogel, M. and V.L. Lopes. 1990. Kinematic theory; Hortonian overland flow. Handouts prepared for the class modeling of small watershed hydrology. School of renewable natural resources. University of Arizona.

- García E., 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Publicaciones UNAM. México, D.F.
- Goos, R. J., D. G. Westfall, A. E. Ludwick, and J. E. Goris. 1982. Grain protein content as an indicator of N sufficiency for Winter Wheat. *Agronomy Journal*. 74:130-133.
- Goos, R. J., B.E. Jhonson., F. J. Sobolik and R. P. Schnaider. 1984. Stored available soil water and the fallow/recrop decision critical level approach. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48:1134-1137.
- Groos, E. R. and R. H. Rust. 1972. Estimation of corn and soybean yield utilizing multiple curvilinear regression methods. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 36:310-320.
- Hazell, P.B.R. 1982. Application of risk preference estimates in firm-household and agricultural sector models. *Am. J. Agric. Econ.* 64:384-390.
- Hernández Y., C., Villa, C. M. y Jiménez, L. T. 1993. Crop production regional risk analysis. Conferencia Internacional para el desarrollo de zonas áridas. México, D.F. pp. 54
- Hicks, D.R., S.D. Evans, J.H. Ford, W.E. Lueschen, W.W. Nelson, C.H. Overdahl, R.H. Peterson, G.W. Randall, and D.D. Warnes. 1977. corn management studies in Minnesota:1973-1975; planting date, starter fertilizer, Hybrid maturity. *Minnesota Agric. Exp. Stn. Misc. Rep. no.149.*
- Holmes, R. M. and G.W. Robertson. 1963. Application of the relationship between actual and potential evapotranspiration in dry land agriculture. *Trans. Amm. Soc. Agr. Engrs.* 6: 65-67.
- Holtz, R. F. and D. R. Timmons. 1968. Influence of precipitation soil water, and plant population interactions on corn grain yields. *Agron. J.* 60:379-381.
- Ibarra F., F. 1979. Establecimiento de costilla de vaca (*Atriplex canescens*) en forma directa bajo estructura de poceo en condiciones áridas. Boletín técnico. Volúmenes UAAAN, Saltillo Coah.
- Jones, P.G. and P.K. Thornton. 1993. A rainfall generator for agricultural applications in the tropics. *Agricultural and forest meteorology.* 63:1-19.
- Jordan, W. 1983. Whole plant responses to water deficits: An overview. In: Taylor, H. A., W. R. Jordan and T. R. Sinclair (Eds.). *ASA-SSSA. Madison, Wi. USA.* pp. 289-317.
- Keisling, T. C. and B. Mullinex. 1979. Statistical consideration for evaluating micronutrient tests. *Soil Science Soc. Am.* 43:1181-1184.
- Kingwell, R. S., D. A. Morrison, and A. D. Bathgate. 1992. The effect of climatic risk on dryland farm management. *Agricultural Systems.* 39:153-175.

- Koslowski, T. T. 1968. Water deficits and plant growth. Academic press. New York. 216-217.
- Leeper, R. A., E. C. A. Runge and W. M. Walker. 1974b. effect of plant available stored soil moisture on corn yields II. variable climatic conditions. *Agron. J.* 66:728-733.
- Lin, C.S., M.R. Binns, and L. P. Lefkovich. 1985. Stability analysis: Where do we stand? *Crop Science* 26:894-900.
- Linsley, K.R. Rainfall-runoff models. 1976. Systems approach to water management. McGraw-Hill. 17-53.
- Lombardi, N.F 1976. Sistemas para determinacao do escoamento superficial e estudos do balanço hidrico. *Bragantia* 35:15-18.
- Lomas J., 1972. Economic significance of dryland farming in the northern Negev of Israel. *Agric. Meteorol.* 10:383-392.
- Lomas Jacob., 1981. Simple agroclimatic models as a basis for an information system. *Interciencia.*(6):219-225.
- Manohar, N. y B. Siddappa. 1984. Distribución de la lluvia y aceptación de los datos en relación al suelo y conservación del agua en Raichur. *Annals of Arid zone* 23(2):139-141.
- Martínez G., M. A. 1987. El sistema agua-suelo en maíz bajo temporal en Aguascalientes. *Memorias del XXII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo.* Montecillo, México.
- Medina G., G., L. A. Aceves N. y G. Bueno de A. 1992. Un sistema de información para el manejo de datos climáticos (metodología de cálculo). *TERRA* 10(1):59-65.
- Morin, G. C. y W. G. Mattlock. 1974. Desert strip farming-computer simulation of an ancient water harvesting technique. In proceedings of the water harvesting symposium. Phoenix. Arizona. 141-150.
- Moss, D. N. 1965. Capture of radiant energy by plants. *Meteorology Monographs.* 6(28):90-108.
- Mowers, R. P., W. A. Fuller, and W. D. Shrader. 1981. Comparison of meadow-kill treatments on a corn-oats-meadow-meadow rotation in northeastern Iowa. *Iowa Agric. and Home Econ. Exp. Stn. Res. Bull.* 593.
- Mualem, S. Y., R. Assouline, y H. Rhodenburg. 1990. Sellado del suelo inducida por la lluvia(C), Un modelo dinámico con energía cinética en lugar de lluvia acumulada como variable independiente. *Catena.* 17: 289-303.
- Myers, L. E. 1961. Water proofing soil to collect precipitation. *Journal of Soil and Water Conservation.* 16(6):281-282.

- Nadine, B., B. Seguin, and P. Bertuzzi. 1992. Agrometeorological soil water balance for crop simulation models. *Agricultural and forest meteorology*. 59:267-287.
- Nix, H. A. and E. A. Fitzpatrick 1969. An index of crop stress related to wheat and grain sorghum yields. *Agr. Meteorology* J.6:321-337.
- Olivares S., E. 1994. Apuntes de clase de la materia a nivel Postgrado (Análisis de regresión). Facultad de Agronomía-UANL. Marín, N. L.
- Oron, G. and G. Enthoven. 1987. Stochastic considerations in optimal design of a microcatchment layout of runoff water harvesting. *water resources research* 23:1131-1138.
- Ortega R., S. A. 1990. Captación in-situ del agua de lluvia para el establecimiento de especies forestales no maderables. Memorias del simposium sobre uso y manejo del agua de lluvia en zonas de temporal y uso eficiente de los fertilizantes. 20^o Congreso nacional de la ciencia del suelo. Comarca Lagunera. pp.121-135.
- Ortiz G., M. 1975. Efecto de las microcuencas para la captación de agua de lluvia, sobre el régimen de humedad del suelo y la producción de maíz y girasol. Tesis de maestro en ciencias, Colegio de Posgraduados, Chapingo, México.
- Oury, B. 1965. Allowing for Weather in crop production model building. *J. Farm Econ.* 47:270-283.
- Peña R., A. y R. J. Zapata. 1990. Respuesta de variedades precoces de maíz a condiciones de temporal deficiente. Tercera reunion nacional de investigación forestal y agropecuaria. *Ags. Méx.* pp. 54-55.
- Pierre, W. H., D. Kirkham, J. Pesek and R. Shaw. 1965. Plant environment and efficient water use. *American Society of Agronomy*. Madison, Wisconsin. p. 268.
- Qui, M. Q. and R. E. Redman. 1993. Seed germination and seedling survival of C4 and C3 grasses under water stress. *J. Arid Environments*. 24:277-285.
- Runge, E. C. A. 1968. Effects of rainfall and temperature interactions on corn yield. *Agron. J.* 60:503-507.
- Runge, E. C. A. and R. T. Odell. 1958. The relation between precipitation, temperature and the yield corn on the agronomy south farm, Urbana, Illinois. *Agronomy J.* 10:448-454.
- Sánchez C., I. 1986. Cosecha de agua de lluvia "In situ" una alternativa para zonas de escaso y errático régimen pluvial. *Sociedad mexicana de la ciencia del suelo*. Delegación Laguna Boletín n^o 7. Matamoros, Coah.
- Sánchez C., I. 1994. Evaluating strip farming system for arid ecosystems. A stochastic approach. Ph. D. Dissertation. University of arizona. 110 p.

- Salazar S., E. 1986. Evaluación de Sistemas de producción agrícola en áreas beneficiadas con escurrimientos superficiales. Proyecto de Investigación. FAZ-UJED. Venecia, Dgo. México.
- Shaffer, M. J., J. B. Swan and M. R. Johnson. 1984. Coordinated farm and research management (COFARM) data system for soils and crops. *Soil Water Cons.* 39:320-327.
- Shaw, L. H. 1964. The effect of weather on agricultural output. A look at methodology. *J. Farm Econ.* 46:218-230.
- Slatyer, R. O. 1960. Agricultural climatology of the Yass Valley. Australia C.S.I.R.O. Land Res. Regional surv. Tech. Paper. 6:30 pp.
- Smith, J. W. 1963. Relation of precipitation to yield of corn. *USDA yearbook.* 215-224.
- Stegman, E. C. and G. W. Lemert. 1981. Rendimiento de girasol grano contra déficits de agua en los períodos de mayor crecimiento. *Transactions of the ASAE.* 24(6):1533-1538.
- Steel, D. R. G. and Torrie, J. H. 1988. Bioestadística: Principios y procedimientos. Segunda edición. Mc Graw-Hill. México, D. F. p. 567.
- Swan, J.B., E. C. Schneider, J.F. Moncrief, W.H. Paulson and A. E. Peterson. 1987b. Simulating the effects of soil depth and climatic factors on corn yields. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51:1025-1032.
- Swan, J. B., J.A. Stricka, M.J. Shaffer, W.H. Paulson and A. E. Peterson 1990. Corn yield response to water stress, heat units, and management: Model development and calibration. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54:209-216.
- Tapia V., M. F. Caballero H. y J. Alatorre R. 1989. Respuesta del cultivo de maíz a la precipitación en el valle de Apatzingan, Mich. XIX congreso nacional de la ciencia del suelo. *Texcoco, Méx.* 126 pp.
- Vanbavel, C. H. M. and J. H. Lillard. 1957. Agricultural Drough in Virginia. *Virg. Agr. Exp. Sta, Virg. polytech. Inst. Tech. Bull.* 128. 38 pp.
- Velasco M., Hugo, A. 1983. Uso y manejo del suelo. Editorial LIMUSA, México, D.F. pp. 123-132.
- Villalpando I., J. F. 1985. Metodología de investigación en agroclimatología. Secretaria de agricultura y recursos hidráulicos. Consejo directivo de investigación agrícola, pecuaria y forestal. México, D.F. pp 67-79.
- Voisin, O. y C. I. Orona. 1993. Agricultura de temporal. Estudio de los factores que influncian los escurrimientos y el uso del agua en la Región hidrológica No. 36. SARH-INIFAP-CENID-RASPA. Gómez, Palacio, Dgo. pp.273-285.

Vujica, Yevjevich 1972. Probability and Statistic in Hidrology, Water Resources Publication: Michigan, U.S.A. pp 1-8.

Williams, G. D. V. and G. W. Robertson. 1972. Geographical variations in yield weather relationships over a large wheat growing region. Agric. Metereol. 9:265-283.

7. APENDICE

Cuadro A1. Variables evaluadas en maíz Blanco Hualahuises. Fco. Villa, Dgo. 1994.

P	R	H1	H2	H3	H4	Ap	Dt	Mh	La	Dm	NH	DP	Rend.Grano
1	1	7.26	2.91	2.22	1.10	138	2.6	19	12	4.4	13	30555	2.597175
1	2	7.26	2.91	2.22	1.10	142	2.3	20	12.5	5	13	30555	2.780505
1	3	7.26	2.91	2.22	1.10	156	2.5	20	12.5	5	13	30555	3.11661
1	4	7.26	2.91	2.22	1.10	172	3.5	19	14.5	5.2	16	30555	3.513825
1	5	7.26	2.91	2.22	1.10	152	3.5	20	14.5	4.7	12	30555	3.452715
2	1	7.65	5.31	2.13	0.7	145	2.3	19	13	5.4	14	26111	2.219435
2	2	7.65	5.31	2.13	0.7	162	2.2	19	13	4.8	12	26111	2.6111
2	3	7.65	5.31	2.13	0.7	138	2.4	18	9.5	5.5	16	26111	3.91665
2	4	7.65	5.31	2.13	0.7	135	2.3	19	13	5	12	26111	1.749437
2	5	7.65	5.31	2.13	0.7	146	2.3	18	12	4	12	26111	1.749437
3	1	6.75	4.09	1.11	0.80	134	2.1	13	15	5.2	14	23888	2.818784
3	2	6.75	4.09	1.11	0.80	137	2.6	12	12	5.2	14	23888	1.91104
3	3	6.75	4.09	1.11	0.80	128	2.5	12	14	5	15	23888	2.221584
3	4	6.75	4.09	1.11	0.80	136	2.3	13	16	4.7	14	23888	2.006592
3	5	6.75	4.09	1.11	0.80	147	2.6	12	12	5.4	12	23888	3.057664
4	1	7.5	3.63	2.19	1.40	118	3.2	18	12	4.5	13	18333	1.136646
4	2	7.5	3.63	2.19	1.40	121	3.3	17	11	4.2	12	18333	0.458325
4	3	7.5	3.63	2.19	1.40	125	3.1	17	9.5	4.8	11	18333	1.008315
4	4	7.5	3.63	2.19	1.40	115	3	18	10.5	4.6	16	18333	1.723302
4	5	7.5	3.63	2.19	1.40	128	3.1	18	11	4.7	17	18333	1.09998
5	1	9.0	3.4	3.37	2.50	75	2.4	12	9	5	10	18888	0.84996
5	2	9.0	3.4	3.37	2.50	77	2.1	13	8.5	3.9	12	18888	0.585528
5	3	9.0	3.4	3.37	2.50	82	1.8	12	9	4.3	13	18888	0.75552
5	4	9.0	3.4	3.37	2.50	100	2.5	12	13	5	13	18888	1.529928
5	5	9.0	3.4	3.37	2.50	93	2.4	13	10	5	12	18888	1.03884
6	1	6.42	3.39	2.64	1.30	115	3.3	15	11.5	4.3	11	22777	0.706087
6	2	6.42	3.39	2.64	1.30	138	2.1	15	8.5	4.2	11	22777	0.933857
6	3	6.42	3.39	2.64	1.30	100	3.5	15	9	4	12	22777	1.024965
6	4	6.42	3.39	2.64	1.30	102	3.5	14	10	4	12	22777	0.91108
6	5	6.42	3.39	2.64	1.30	96	3.7	14	10	5	13	22777	1.184404
7	1	6.36	4.02	2.76	1.20	61	2.1	11	9.5	3.4	14	23333	1.049985
7	2	6.36	4.02	2.76	1.20	75	3	11	7	3.1	13	23333	0.816655
7	3	6.36	4.02	2.76	1.20	63	2.6	10	10	5	13	23333	1.283315
7	4	6.36	4.02	2.76	1.20	92	2.6	12	9	5	14	23333	1.16665
7	5	6.36	4.02	2.76	1.20	104	2.9	12	11	4	11	23333	0.746656
8	1	7.32	3.12	1.57	0.5	94	2.5	11	14	4.2	11	25555	1.89107
8	2	7.32	3.12	1.57	0.5	102	2.5	11	14	4.2	11	25555	2.09551
8	3	7.32	3.12	1.57	0.5	93	2.7	13	12	4.8	14	25555	1.73774
8	4	7.32	3.12	1.57	0.5	112	2.7	11	13	5	13	25555	1.916625
8	5	7.32	3.12	1.57	0.5	100	2.4	11	12	5	12	25555	1.712185
9	1	7.81	3.28	1.2	0.3	87	2.4	17	12	4.2	11	23888	0.95552
9	2	7.81	3.28	1.2	0.3	118	2.8	16	8	4.5	14	23888	0.859968
9	3	7.81	3.28	1.2	0.3	112	2.6	16	8	4	12	23888	0.5972
9	4	7.81	3.28	1.2	0.3	97	3.2	15	11	5	13	23888	1.457168
9	5	7.81	3.28	1.2	0.3	125	2.6	16	10	5	12	23888	1.31384
10	1	7.32	3.58	2.4	1.6	96	2.6	15	10.5	4.3	15	26666	1.06664
10	2	7.32	3.58	2.4	1.6	104	3	16	9	4.9	11	26666	1.226636
10	3	7.32	3.58	2.4	1.6	116	2.4	15	8	4.2	12	26666	0.879978
10	4	7.32	3.58	2.4	1.6	115	2.8	16	14	5	14	26666	2.613268
10	5	7.32	3.58	2.4	1.6	122	3	15	10	5.2	16	26666	2.319942
11	1	8.79	2.76	2.19	0.9	136	3	17	13	4.8	13	24444	1.58886

continua

continuación Cuadro A1

11	2	8.79	2.76	2.19	0.9	132	2.8	15	11.5	3.9	12	24444	1.2222
11	3	8.79	2.76	2.19	0.9	135	3	16	14.5	4.9	12	24444	2.615508
11	4	8.79	2.76	2.19	0.9	146	2.9	16	12	4.1	12	24444	1.295532
11	5	8.79	2.76	2.19	0.9	133	2.8	18	13.5	5.4	16	24444	3.373272
12	1	9.63	3.97	3.51	2.0	142	2.8	18	12	4.4	14	23888	1.696048
12	2	9.63	3.97	3.51	2.0	138	2.5	16	13	5.2	15	23888	2.986
12	3	9.63	3.97	3.51	2.0	132	2.8	16	16	5.5	19	23888	3.10544
12	4	9.63	3.97	3.51	2.0	158	2.6	17	14	6.2	16	23888	4.634272
12	5	9.63	3.97	3.51	2.0	143	3	16	13.5	6.2	16	23888	2.890448
13	1	7.53	3.72	2.5	1.4	186	2.9	18	12.5	4	13	26666	1.386632
13	2	7.53	3.72	2.5	1.4	172	2.6	17	11.5	4.4	14	26666	3.893236
13	3	7.53	3.72	2.5	1.4	167	3.1	18	12	4.5	12	26666	1.73329
13	4	7.53	3.72	2.5	1.4	188	3	17	12.5	4.5	13	26666	2.239944
13	5	7.53	3.72	2.5	1.4	167	2.8	17	14.5	5	16	26666	4.426556
14	1	8.73	4.15	2.16	0.8	147	2.4	17	12	4.3	13	27222	1.306656
14	2	8.73	4.15	2.16	0.8	162	2.3	16	15	4.9	12	27222	2.204982
14	3	8.73	4.15	2.16	0.8	154	1.8	17	15	4.8	14	27222	2.504424
14	4	8.73	4.15	2.16	0.8	162	3	17	12	4	13	27222	2.31387
14	5	8.73	4.15	2.16	0.8	160	2.6	17	13	5	12	27222	2.44998
15	1	9.24	2.11	0.88	0.4	136	2.4	14	12.5	4.8	20	22777	2.300477
15	2	9.24	2.11	0.88	0.4	148	2.6	16	13	4.6	13	22777	1.36662
15	3	9.24	2.11	0.88	0.4	134	2.7	16	14.5	4.3	14	22777	2.232146
15	4	9.24	2.11	0.88	0.4	122	2.3	14	12.5	4.5	11	22777	1.002188
15	5	9.24	2.11	0.88	0.4	136	2.7	14	11.5	3.8	12	22777	1.639944
17	1	9.21	4.05	2.41	1.4	154	3	16	11.5	5.4	14	28888	3.148792
17	2	9.21	4.05	2.41	1.4	142	3.1	16	13.5	4	14	28888	2.368816
17	3	9.21	4.05	2.41	1.4	173	2.9	15	12	5	12	28888	2.946576
17	4	9.21	4.05	2.41	1.4	152	3.2	16	14	4.8	13	28888	3.611
17	5	9.21	4.05	2.41	1.4	161	3.1	16	10.5	5.2	16	28888	3.091016
18	1	9.18	3.27	1.57	0.8	138	3.3	16	14	5.1	15	26111	2.219435
18	2	9.18	3.27	1.57	0.8	142	2.8	16	14	4.3	12	26111	2.219435
18	3	9.18	3.27	1.57	0.8	152	3.1	16	7.5	4.6	16	26111	0.913885
18	4	9.18	3.27	1.57	0.8	134	2.7	17	12.5	3.8	10	26111	0.809441
18	5	9.18	3.27	1.57	0.8	163	3.2	16	12	5	12	26111	1.357772
19	1	9.66	4.11	2.92	2.20	137	2.7	15	13	4.4	14	22222	0.66666
19	2	9.66	4.11	2.92	2.20	129	2.6	15	12	4.2	14	22222	0.822214
19	3	9.66	4.11	2.92	2.20	146	2.8	15	13.5	4.3	14	22222	0.99999
19	4	9.66	4.11	2.92	2.20	139	2.3	16	12	4	14	22222	0.88888
19	5	9.66	4.11	2.92	2.20	130	2.6	16	8	4.2	13	22222	1.355542
20	1	8.13	3.87	2.59	1.9	142	3.2	15	9	4.2	13	26667	2.080026
20	2	8.13	3.87	2.59	1.9	158	3.3	16	14	4.5	12	26667	3.946716
20	3	8.13	3.87	2.59	1.9	145	2.9	15	11	4.2	18	26667	1.173348
20	4	8.13	3.87	2.59	1.9	152	3.5	15	9	4	13	26667	1.733355
20	5	8.13	3.87	2.59	1.9	166	3.5	16	14	5	13	26667	2.453364
21	1	9.75	5.17	3.96	2.9	194	3.2	18	14.5	5.4	16	23333	2.753294
21	2	9.75	5.17	3.96	2.9	186	3	18	15	4.8	14	23333	2.216635
21	3	9.75	5.17	3.96	2.9	177	3	17	19	5.3	14	23333	3.289953
21	4	9.75	5.17	3.96	2.9	202	3.2	18	18	5.3	16	23333	1.63331
21	5	9.75	5.17	3.96	2.9	179	3.4	18	14.5	4.8	13	23333	4.3679376
22	1	9.96	4.45	3.49	2.2	138	2.8	18	13	4.8	14	24444	2.004408
22	2	9.96	4.45	3.49	2.2	132	2.7	14	16	5.1	16	24444	3.031056
22	3	9.96	4.45	3.49	2.2	147	2.6	18	12.5	4.3	11	24444	2.07774
22	4	9.96	4.45	3.49	2.2	152	2.9	17	12	4.8	12	24444	2.028852
22	5	9.96	4.45	3.49	2.2	178	2.6	16	13.5	4.6	15	24444	2.19996
23	1	7.59	2.89	0.88	0.50	182	3.4	20	7	4.6	14	25000	0.65
23	2	7.59	2.89	0.88	0.50	175	3.2	21	10.5	4.4	12	25000	0.725
23	3	7.59	2.89	0.88	0.50	178	3.6	21	8	4.6	13	25000	0.9

continua ----

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA

continuación Cuadro A1

23	4	7.59	2.89	0.88	0.50	182	3.5	20	11	4	14	25000	1.125
23	5	7.59	2.89	0.88	0.50	155	3.5	21	8	5	12	25000	0.85
24	1	8.67	2.71	2.1	1.3	205	3.2	18	16	4.4	12	25555	3.608366
24	2	8.67	2.71	2.1	1.3	200	3.3	17	12	4.9	16	25555	1.48219
24	3	8.67	2.71	2.1	1.3	188	3.1	16	12.5	5.2	12	25555	2.09551
24	4	8.67	2.71	2.1	1.3	197	3.2	18	14.5	5.4	14	25555	2.887715
24	5	8.67	2.71	2.1	1.3	195	3.2	18	15	5.6	16	25555	2.5555

Nomenclatura y unidades de variables evaluadas

P=parcelas

R=repeticiones

H1=humedad a siembra(cm)

H2=humedad a diferenciación floral(cm)

H3=humedad a floración(cm)

H4=humedad a llenado de grano(cm)

Ap=altura de planta((cm)

Dt=diámetro de tallo(cm)

Nh=número de hojas(cuantitativo)

Lm=longitud de mazorca(cm)

Dm=diámetro de mazorca(cm)

NH=número de hileras(cuantitativo)

DP=densidad de población

Rend. grano=ton/ha, kg/ha

Cuadro A2. Variables evaluadas en maíz Blanco Hualahuises. Fco. Villa, Dgo. 1995.

P	R	H1	H2	H3	H4	Ap	Dt	Mh	Lm	Dm	HH	DP	Rend.Grano
4	1	6.51	2.73	3.54	3.57	84	2.8	14	8.832	3.312	9.568	16499.7	976
4	2	6.51	2.73	3.54	3.57	106	3	17	8.096	3.091	8.832	16499.7	1065.548
4	3	6.51	2.73	3.54	3.57	110	2.8	15	6.992	3.532	8.096	16499.7	959.896
4	4	6.51	2.73	3.54	3.57	128	2.7	17	7.728	3.385	11.76	16499.7	1000.4
4	5	6.51	2.73	3.54	3.57	108	2.7	18	8.096	3.459	12.52	16499.7	878.4
5	1	6.28	3.16	4.08	3.27	115	2.7	18	6.624	3.68	7.36	16999.2	928
5	2	6.28	3.16	4.08	3.27	112	3.5	17	6.256	2.870	8.832	16999.2	1013.144
5	3	6.28	3.16	4.08	3.27	112	3.3	16	6.624	3.164	9.568	16999.2	912.688
5	4	6.28	3.16	4.08	3.27	132	2.9	16	9.568	3.68	9.568	16999.2	951.2
5	5	6.28	3.16	4.08	3.27	128	3.2	16	7.36	3.68	8.832	16999.2	835.2
6	1	10.08	3.45	4.08	3.48	128	2.6	15	8.464	3.164	8.096	20999.7	1236
6	2	10.08	3.45	4.08	3.48	138	2.6	17	6.256	3.091	8.096	20999.7	1349.403
6	3	10.08	3.45	4.08	3.48	123	2.9	17	6.624	2.944	8.832	20999.7	1215.606
6	4	10.08	3.45	4.08	3.48	138	2.8	18	7.36	2.944	8.832	20999.7	1266.9
6	5	10.08	3.45	4.08	3.48	125	2.6	17	7.36	3.68	9.568	20999.7	1112.4
7	1	8.25	3.09	8.41	7.66	155	2.5	17	6.992	2.502	10.30	20499.7	1064
7	2	8.25	3.09	8.41	7.66	98	2.3	14	5.152	2.28	9.568	20499.7	1161.622
7	3	8.25	3.09	8.41	7.66	58	2.1	14	7.36	3.68	9.568	20499.7	1046.444
7	4	8.25	3.09	8.41	7.66	129	2.2	18	6.624	3.68	10.30	20499.7	1090.6
7	5	8.25	3.09	8.41	7.66	142	2.6	17	8.096	2.944	8.096	20499.7	957.6
8	1	9.53	3.21	7.72	7.5	110	2.2	15	10.30	3.09	8.096	22999.5	1464
8	2	9.53	3.21	7.72	7.5	69	1.7	13	10.30	3.09	8.096	22999.5	1598.322
8	3	9.53	3.21	7.72	7.5	142	2.7	17	8.832	3.53	10.30	22999.5	1439.844
8	4	9.53	3.21	7.72	7.5	144	3.3	17	9.568	3.68	9.56	22999.5	1500.6
8	5	9.53	3.21	7.72	7.5	138	3	18	8.832	3.68	8.83	22999.5	1317.6
9	1	7.84	3.21	4.08	3.64	120	2.6	14	8.832	3.091	8.096	21499.2	988
9	2	7.84	3.21	4.08	3.64	155	2.5	17	5.888	3.312	10.30	21499.2	1078.649
9	3	7.84	3.21	4.08	3.64	125	2.5	16	5.888	2.944	8.832	21499.2	971.698
9	4	7.84	3.21	4.08	3.64	138	3.1	17	8.096	3.68	9.56	21499.2	1012.7
9	5	7.84	3.21	4.08	3.64	123	3	15	7.36	3.68	8.832	21499.2	889.2
10	1	10.53	2.64	6.33	6.96	110	2.5	16	7.28	3.16	11.04	23999.4	1156
10	2	10.53	2.64	6.33	6.96	119	3	17	6.624	3.60	8.096	23999.4	1262.063
10	3	10.53	2.64	6.33	6.96	85	2	16	5.888	3.09	8.832	23999.4	1136.926
10	4	10.53	2.64	6.33	6.96	98	2.6	14	10.30	3.68	10.30	23999.4	1184.9
10	5	10.53	2.64	6.33	6.96	138	2.4	14	7.36	3.82	11.77	23999.4	1040.4
11	1	6.22	1.95	2.86	2.28	148	2.8	16	9.568	3.53	9.568	21999.6	935
11	2	6.22	1.95	2.86	2.28	139	3.1	18	8.464	2.87	8.832	21999.6	1020.78
11	3	6.22	1.95	2.86	2.28	168	2.9	19	10.67	3.606	8.832	21999.6	919.572
11	4	6.22	1.95	2.86	2.28	145	2.2	16	8.832	3.01	8.832	21999.6	958.375
11	5	6.22	1.95	2.86	2.28	163	2.5	16	9.936	3.97	11.77	21999.6	841.5
12	1	10.08	3.5	4.24	3.84	123	3.2	21	8.832	3.23	10.30	21499.2	1454
12	2	10.08	3.5	4.24	3.84	95	2.1	15	9.56	3.82	11.04	21499.2	1587.404
12	3	10.08	3.5	4.24	3.84	125	2.5	20	11.77	4.048	13.98	21499.2	1430.00
12	4	10.08	3.5	4.24	3.84	98	2	14	10.30	4.56	11.77	21499.2	1490.35
12	5	10.08	3.5	4.24	3.84	103	2.3	14	9.936	4.56	11.77	21499.2	1308.6
13	1	6.05	3.5	5.1	7.06	82	2.2	15	9.2	2.944	9.56	23999.4	962
13	2	6.05	3.5	5.1	7.06	78	1.9	14	8.464	3.23	10.30	23999.4	1050.263
13	3	6.05	3.5	5.1	7.06	155	2.6	15	8.832	3.312	8.83	23999.4	946.127
13	4	6.05	3.5	5.1	7.06	153	2.8	17	9.2	3.312	9.56	23999.4	986.05
13	5	6.05	3.5	5.1	7.06	150	2.7	16	10.67	3.68	11.7	23999.4	865.8
14	1	8.25	3.27	6.97	7.32	149	2.9	19	8.832	3.16	9.56	24499.8	1304
14	2	8.25	3.27	6.97	7.32	105	2.3	17	11.04	3.60	8.83	24499.8	1423.642
14	3	8.25	3.27	6.97	7.32	123	2.6	17	11.04	3.53	10.3	24499.8	1282.484

Continua...

continuación del Cuadro A2

14	4	8.25	3.27	6.97	7.32	125	2.2	15	8.832	2.94	9.56	24499.8	1336.6
14	5	8.25	3.27	6.97	7.32	158	2.5	16	9.568	3.68	8.83	24499.8	1173.6
15	1	8.01	1.95	7.78	6.15	115	1.8	17	9.2	3.53	14.7	20499.3	1500
15	2	8.01	1.95	7.78	6.15	127	2.3	17	9.568	3.38	9.56	20499.3	1637.625
15	3	8.01	1.95	7.78	6.15	138	2.4	17	10.67	3.16	10.3	20499.3	1475.25
15	4	8.01	1.95	7.78	6.15	138	2.5	16	9.2	3.312	8.09	20499.3	1537.5
15	5	8.01	1.95	7.78	6.15	128	2.9	17	8.464	2.79	8.83	20499.3	1350
16	1	10.12	4.2	7.93	3.52	133	2.4	18	8.464	3.97	10.3	19999.8	1600
16	2	10.12	4.2	7.93	3.52	192	2.2	20	9.936	2.94	10.3	19999.8	1746.8
16	3	10.12	4.2	7.93	3.52	155	2.3	16	8.832	3.68	8.83	19999.8	1573.6
16	4	10.12	4.2	7.93	3.52	150	2.4	17	10.30	3.53	9.56	19999.8	1640
16	5	10.12	4.2	7.93	3.52	153	2.5	15	7.728	3.82	11.7	19999.8	1440
17	1	8.38	2.37	4.29	3.57	72	1.7	13	10.30	3.753	11.0	25999.2	1450
17	2	8.38	2.37	4.29	3.57	58	1.7	14	10.30	3.16	8.83	25999.2	1583.037
17	3	8.38	2.37	4.29	3.57	65	1.7	14	5.52	3.38	11.7	25999.2	1426.075
17	4	8.38	2.37	4.29	3.57	78	2.1	15	9.2	2.79	7.36	25999.2	1486.25
17	5	8.38	2.37	4.29	3.57	123	2.3	16	8.832	3.68	8.83	25999.2	1305
18	1	7.93	3.7	7.72	7.83	105	2.3	16	9.568	3.23	10.3	23499.9	1112
18	2	7.93	3.7	7.72	7.83	68	1.7	13	8.832	3.09	10.3	23499.9	1214.026
18	3	7.93	3.7	7.72	7.83	102	2.3	16	9.936	3.16	10.3	23499.9	1093.652
18	4	7.93	3.7	7.72	7.83	58	1.5	14	8.832	2.944	10.3	23499.9	1139.8
18	5	7.93	3.7	7.72	7.83	89	1.8	17	5.888	3.091	9.56	23499.9	1000.8
19	1	8.5	3.94	6.72	6.1	125	3.4	17	6.624	3.091	9.56	19999.8	1120
19	2	8.5	3.94	6.72	6.1	128	3.3	18	10.30	3.312	8.83	19999.8	1222.76
19	3	8.5	3.94	6.72	6.1	119	3	17	8.09	3.091	13.2	19999.8	1101.52
19	4	8.5	3.94	6.72	6.1	123	2.8	18	6.624	2.944	9.56	19999.8	1148
19	5	8.5	3.94	6.72	6.1	146	2.7	17	10.30	3.68	9.56	19999.8	1008
20	1	8.95	2.92	3.67	3.27	135	2.7	18	10.67	3.97	11.7	24000.3	1468
20	2	8.95	2.92	3.67	3.27	144	2.9	17	11.04	3.53	10.3	24000.3	1602.689
20	3	8.95	2.92	3.67	3.27	129	2.7	16	13.98	3.90	10.3	24000.3	1443.778
20	4	8.95	2.92	3.67	3.27	176	2.8	19	13.24	3.90	11.7	24000.3	1504.7
20	5	8.95	2.92	3.67	3.27	160	3.1	17	10.67	3.532	9.56	24000.3	1321.2
21	1	8.48	3.87	7.75	7.72	165	2.2	16	9.568	3.53	10.3	20999.7	1204
21	2	8.48	3.87	7.75	7.72	189	2.6	17	11.77	3.753	11.7	20999.7	1314.467
21	3	8.48	3.87	7.75	7.72	163	2.7	16	9.2	3.16	8.09	20999.7	1184.134
21	4	8.48	3.87	7.75	7.72	166	2.5	16	8.832	3.53	8.83	20999.7	1234.1
21	5	8.48	3.87	7.75	7.72	177	2.6	16	9.936	3.38	11.0	20999.7	1083.6
22	1	9.29	2.86	8.76	7.09	121	2.4	15	5.152	3.38	10.3	21999.6	1456
22	2	9.29	2.86	8.76	7.09	119	2.5	15	7.728	3.238	8.83	21999.6	1589.588
22	3	9.29	2.86	8.76	7.09	136	3.2	18	5.888	3.385	9.56	21999.6	1431.976
22	4	9.29	2.86	8.76	7.09	109	1.9	15	8.096	2.94	10.3	21999.6	1492.4
22	5	9.29	2.86	8.76	7.09	98	2.1	15	5.888	3.68	8.83	21999.6	1310.4

Cuadro A3. Variables evaluadas en maíz H-412. Fco. Villa, Dgo. 1994.

P	R	H1	H2	H3	H4	Ap	Dt	Hh	La	Da	NH	DP	Rend.Grano
1	1	9.66	4.24	1.86	1.80	155	2.9	18	15	5	12	26111	2.062769
1	2	9.66	4.24	1.86	1.80	142	3.1	17	14	5.5	15	26111	3.185542
1	3	9.66	4.24	1.86	1.80	164	3.2	18	9.5	4.7	15	26111	1.801659
1	4	9.66	4.24	1.86	1.80	162	2.9	18	10	4.6	15	26111	1.566666
1	5	9.66	4.24	1.86	1.80	149	2.9	18	11	4.7	12	26111	1.984436
3	1	9.27	3.88	2.04	1.3	137	3.4	16	12	4.7	12	31666	2.438282
3	2	9.27	3.88	2.04	1.3	131	3.2	16	14	4.9	14	31666	3.039936
3	3	9.27	3.88	2.04	1.3	159	3.5	15	11	4.9	13	31666	1.836628
3	4	9.27	3.88	2.04	1.3	152	3.2	16	16	4.5	14	31666	1.709964
3	5	9.27	3.88	2.04	1.3	162	3.6	17	9	5.4	20	31666	1.42497
4	1	10.08	2.95	2.01	1.07	135	2.7	14	15	4.6	14	31111	1.866666
4	2	10.08	2.95	2.01	1.07	128	2.5	14	9	4.5	13	31111	3.484432
4	3	10.08	2.95	2.01	1.07	138	2.6	16	13	4.7	14	31111	2.208881
4	4	10.08	2.95	2.01	1.07	142	2.8	16	10	5.5	14	31111	3.017767
4	5	10.08	2.95	2.01	1.07	155	2.8	15	8	4.9	17	31111	1.617772
5	1	8.76	2.95	1.59	1.05	148	3.1	14	9.5	4.8	14	30000	1.44
5	2	8.76	2.95	1.59	1.05	127	3.2	14	13.5	4.3	12	30000	1.8
5	3	8.76	2.95	1.59	1.05	135	3.2	15	11.5	4.8	12	30000	1.56
5	4	8.76	2.95	1.59	1.05	143	3	14	11	4.6	14	30000	1.5
5	5	8.76	2.95	1.59	1.05	140	3	14	11	5	13	30000	1.65
6	1	8.88	2.97	2.08	1.30	165	3.2	16	17.5	5.2	16	26666	2.39994
6	2	8.88	2.97	2.08	1.30	172	3.5	15	15	4.6	14	26666	2.479938
6	3	8.88	2.97	2.08	1.30	146	3.3	16	13	5.5	18	26666	2.506604
6	4	8.88	2.97	2.08	1.30	139	3.3	16	10	4.6	10	26666	1.3333
6	5	8.88	2.97	2.08	1.30	153	3.2	16	14	4.9	13	26666	2.53327
7	1	9.9	3.45	1.80	1.20	134	2.3	19	15	4.9	14	21111	2.153322
7	2	9.9	3.45	1.80	1.20	130	2.1	19	12	4.7	14	21111	1.26666
7	3	9.9	3.45	1.80	1.20	122	2.4	18	15	5.8	16	21111	1.963323
7	4	9.9	3.45	1.80	1.20	138	2.7	19	12.5	5.2	14	21111	2.132211
7	5	9.9	3.45	1.80	1.20	132	2.3	18	13	5	13	21111	1.646658
8	1	10.56	4.15	1.21	0.5	162	2.8	17	14	4.1	11	28888	2.397704
8	2	10.56	4.15	1.21	0.5	168	3.2	18	14	4.5	12	28888	2.195488
8	3	10.56	4.15	1.21	0.5	156	3.1	17	10	5	13	28888	1.819944
8	4	10.56	4.15	1.21	0.5	148	3.2	18	11	5.6	18	28888	2.513256
8	5	10.56	4.15	1.21	0.5	143	3.2	18	13.5	5	12	28888	2.628808
9	1	10.02	2.05	0.55	0.3	152	2.6	17	10.5	4.3	13	30000	2.16
9	2	10.02	2.05	0.55	0.3	155	2.9	17	14	4.8	13	30000	2.85
9	3	10.02	2.05	0.55	0.3	162	2.9	18	15	5.3	13	30000	3.06
9	4	10.02	2.05	0.55	0.3	135	2.6	17	13.5	4.7	14	30000	2.58
9	5	10.02	2.05	0.55	0.3	142	3.2	17	13	5.5	13	30000	3.21
10	1	10.47	1.81	0.87	0.40	152	2.9	18	13.5	5.8	16	27777	2.63
10	2	10.47	1.81	0.87	0.40	145	3.4	17	12.5	5	15	27777	2.638815
10	3	10.47	1.81	0.87	0.40	138	3	18	12	5.1	12	27777	2.444376
10	4	10.47	1.81	0.87	0.40	152	3.1	17	10	5	12	27777	1.66662
10	5	10.47	1.81	0.87	0.40	162	3.2	18	14	5.5	16	27777	1.638843
11	1	10.47	3.06	1.6	1.0	154	3.4	16	15	5	16	24444	3.1
11	2	10.47	3.06	1.6	1.0	145	3.1	16	10	5.1	15	24444	2.004408
11	3	10.47	3.06	1.6	1.0	142	3.2	15	14.5	4.4	12	24444	2.346624
11	4	10.47	3.06	1.6	1.0	152	3.2	16	14.5	4.6	14	24444	1.34442
11	5	10.47	3.06	1.6	1.0	158	3.2	16	12	4.9	14	24444	1.442196
12	1	9.81	2.32	1.54	0.80	152	2.8	18	15	5	14	29444	2.473296
12	2	9.81	2.32	1.54	0.80	150	2.6	18	13.5	3.5	8	29444	0.88332
12	3	9.81	2.32	1.54	0.80	145	3.5	17	12	4.2	14	29444	1.825528

continua....

continuación Cuadro A3

12	4	9.81	2.32	1.54	0.80	135	3.6	18	14	5.1	14	29444	2.826624
12	5	9.81	2.32	1.54	0.80	142	3.4	18	12	4.5	13	29444	2.090524
13	1	8.85	2.68	1.71	1.10	164	2.4	14	13.8	5.3	14	28333	3.031631
13	2	8.85	2.68	1.71	1.10	158	2.8	14	11	5	13	28333	2.351639
13	3	8.85	2.68	1.71	1.10	163	3.1	16	13.5	4.4	13	28333	1.104987
13	4	8.85	2.68	1.71	1.10	152	3.2	14	13	4	13	28333	1.359984
13	5	8.85	2.68	1.71	1.10	167	2.9	14	12	4	13	28333	1.756646
14	1	10.35	3.42	2.13	1.30	142	3.1	16	14.5	5.6	16	32222	3.245
14	2	10.35	3.42	2.13	1.30	140	2.9	16	16	5.5	14	32222	3.15
14	3	10.35	3.42	2.13	1.30	138	2.7	16	16	4.8	14	32222	3.093312
14	4	10.35	3.42	2.13	1.30	144	3.2	17	14.5	4.7	12	32222	3.12
14	5	10.35	3.42	2.13	1.30	139	2.9	16	15	5.1	17	32222	3.05
15	1	9.24	1.83	1.20	0.60	117	2.6	16	14.5	4.9	15	24444	2.395512
15	2	9.24	1.83	1.20	0.60	112	2.3	16	12.5	4.6	13	24444	1.58886
15	3	9.24	1.83	1.20	0.60	114	2.4	15	12	4.8	15	24444	1.979964
15	4	9.24	1.83	1.20	0.60	126	2.6	16	11	4.6	11	24444	1.613304
15	5	9.24	1.83	1.20	0.60	118	2.8	15	14.5	5.5	16	24444	3.17772
16	1	9.33	2.32	1.44	0.7	133	3.2	15	15	5.2	15	30000	2.73
16	2	9.33	2.32	1.44	0.7	138	3	15	11.5	3.6	15	30000	1.26
16	3	9.33	2.32	1.44	0.7	145	3.1	15	11.5	4.4	14	30000	2.64
16	4	9.33	2.32	1.44	0.7	136	3.1	16	13	4.3	12	30000	1.5
16	5	9.33	2.32	1.44	0.7	132	3.6	15	16	4.8	14	30000	2.13
17	1	9.0	1.63	2.01	1.10	90	2.5	14	13.5	4.2	15	28888	1.73328
17	2	9.0	1.63	2.01	1.10	92	2.7	15	8	4.2	14	28888	0.982192
17	3	9.0	1.63	2.01	1.10	89	2.8	15	11	4.2	12	28888	1.819944
17	4	9.0	1.63	2.01	1.10	98	2.7	14	10	4.5	12	28888	1.328848
17	5	9.0	1.63	2.01	1.10	96	2.8	14	13	4.3	12	28888	1.58884
18	1	9.33	2.05	2.02	1.30	98	3.4	15	12	4.2	12	27777	1.249965
18	2	9.33	2.05	2.02	1.30	92	2.9	16	13	4.4	12	27777	1.38885
18	3	9.33	2.05	2.02	1.30	105	3.5	15	8	4	11	27777	1.055526
18	4	9.33	2.05	2.02	1.30	90	3.2	15	10	4.1	12	27777	1.194411
18	5	9.33	2.05	2.02	1.30	113	3.2	17	12	4.6	12	27777	1.527735
19	1	8.22	1.65	1.17	0.70	78	2.9	14	14	4.3	14	26111	1.592771
19	2	8.22	1.65	1.17	0.70	76	2.6	13	13	4.2	12	26111	1.462216
19	3	8.22	1.65	1.17	0.70	82	2.7	15	12	4	11	26111	1.174995
19	4	8.22	1.65	1.17	0.70	94	2.7	14	13	4.4	11	26111	1.357772
19	5	8.22	1.65	1.17	0.70	83	3	15	14	4.5	14	26111	1.644993
20	1	8.85	1.63	2.11	1.30	102	3.4	15	13.5	4.2	13	30000	1.83
20	2	8.85	1.63	2.11	1.30	108	3.1	15	11	4.9	12	30000	1.44
20	3	8.85	1.63	2.11	1.30	100	2.8	14	13	4	13	30000	1.65
20	4	8.85	1.63	2.11	1.30	105	3.1	15	13	4.5	14	30000	1.95
20	5	8.85	1.63	2.11	1.30	108	3.3	15	11	4	13	30000	1.35
21	1	8.85	1.63	2.11	1.30	87	2.9	14	9	4.3	13	29444	1.17776
21	2	8.85	1.63	2.11	1.30	102	2.7	13	11.5	3.9	8	29444	0.500548
21	3	8.85	1.63	2.11	1.30	108	3.1	13	10	4	12	29444	1.531088
21	4	8.85	1.63	2.11	1.30	110	2.7	15	13.5	5	12	29444	1.972748
21	5	8.85	1.63	2.11	1.30	92	2.6	14	13	4	13	29444	1.707752
22	1	10.77	2.23	1.54	0.9	99	3	19	13	4.3	13	23888	1.31384
22	2	10.77	2.23	1.54	0.9	92	2.8	19	11	4.8	17	23888	1.146624
22	3	10.77	2.23	1.54	0.9	132	2.9	19	11	4.2	12	23888	1.027184
22	4	10.77	2.23	1.54	0.9	133	2.8	18	13.5	4.5	12	23888	1.07496
22	5	10.77	2.23	1.54	0.9	104	3.1	19	12	5	13	23888	1.457168
23	1	9.60	2.40	1.98	1.40	123	3.2	16	12	5	12	23333	1.63331
23	2	9.60	2.40	1.98	1.40	132	2.9	16	9	4.2	12	23333	1.796641
23	3	9.60	2.40	1.98	1.40	126	2.8	17	12	4.3	13	23333	0.793322
23	4	9.60	2.40	1.98	1.40	138	3	17	13	4.7	15	23333	1.819974
23	5	9.60	2.40	1.98	1.40	125	3.1	17	14	4.1	11	23333	2.9679576

continua....

continuación Cuadro A3

24	1	9.27	0.96	1.33	0.90	134	2.8	17	10	3.6	9	27222	0.789438
24	2	9.27	0.96	1.33	0.90	138	2.5	17	11	4.2	14	27222	1.578876
24	3	9.27	0.96	1.33	0.90	132	2.3	16	9	4.3	11	27222	1.415544
24	4	9.27	0.96	1.33	0.90	144	2.4	17	10.5	4.3	14	27222	1.116102
24	5	9.27	0.96	1.33	0.90	148	2.9	17	11	5	13	27222	1.3611

Cuadro A4. Variables evaluadas en maíz H-412. Fco. Villa, Dgo. 1995.

P	R	H1	H2	H3	H4	Ap	Dt	Hh	Lm	Dm	HR	DP	Rend. Grano
1	1	10.8	2.8	4.54	3.87	124	2.32	14.4	12	4	9.6	20888.8	1200
1	2	10.8	2.8	4.54	3.87	113.6	2.48	13.6	11.2	4.4	12	20888.8	1310.1
1	3	10.8	2.8	4.54	3.87	131.2	2.56	14.4	7.6	3.76	12	20888.8	1180.2
1	4	10.8	2.8	4.54	3.87	129.6	2.32	14.4	8	3.68	12	20888.8	1230
1	5	10.8	2.8	4.54	3.87	119.2	2.32	14.4	8.8	3.76	9.6	20888.8	1080
2	1	11.6	4.03	5.22	4.81	88	2.24	11.2	9.6	3.76	9.6	19110.4	1544
2	2	11.6	4.03	5.22	4.81	100.8	2.08	12.8	11.2	3.92	11.2	19110.4	1685.662
2	3	11.6	4.03	5.22	4.81	104	2.56	14.4	8.8	3.92	10.4	19110.4	1518.524
2	4	11.6	4.03	5.22	4.81	110.4	2.56	14.4	12.8	3.6	11.2	19110.4	1582.6
2	5	11.6	4.03	5.22	4.81	116	2.48	14.4	7.2	4.32	16	19110.4	1080
3	1	10.8	3.63	4.84	4.71	109.6	2.72	12.8	12	3.68	11.2	25332.8	1300
3	2	10.8	3.63	4.84	4.71	104.8	2.56	12.8	7.2	3.6	10.4	25332.8	1419.275
3	3	10.8	3.63	4.84	4.71	127.2	2.8	12	10.4	3.76	11.2	25332.8	1278.55
3	4	10.8	3.63	4.84	4.71	121.6	2.56	12.8	8	4.4	12.8	25332.8	1332.5
3	5	10.8	3.63	4.84	4.71	129.6	2.88	13.6	6.4	3.92	13.6	25332.8	1080
4	1	7.5	3.61	4.06	4.87	108	2.16	11.2	7.6	3.84	11.2	24888.8	1128
4	2	7.5	3.61	4.06	4.87	102.4	2	11.2	10.8	3.44	9.6	24888.8	1231.494
4	3	7.5	3.61	4.06	4.87	110.4	2.08	12.8	9.2	3.84	9.6	24888.8	1109.388
4	4	7.5	3.61	4.06	4.87	113.6	2.24	12.8	8.8	3.68	11.2	24888.8	1156.2
4	5	7.5	3.61	4.06	4.87	124	2.24	12	8.8	4	10.4	24888.8	1080
7	1	7.5	3.61	4.06	4.87	107.2	1.84	15.2	11.2	3.28	8.8	16888.8	1236
7	2	7.5	3.61	4.06	4.87	104	1.68	15.2	11.2	3.6	9.6	16888.8	1349.403
7	3	7.5	3.61	4.06	4.87	97.6	1.92	14.4	8	4	10.4	16888.8	1215.606
7	4	7.5	3.61	4.06	4.87	110.4	2.16	15.2	8.8	4.48	14.4	16888.8	1266.9
7	5	7.5	3.61	4.06	4.87	105.6	1.84	14.4	10.8	4	9.6	16888.8	1080
8	1	9.8	2.35	7.8	7.14	129.6	2.24	13.6	8.4	3.44	10.4	23110.4	1400
8	2	9.8	2.35	7.8	7.14	134.4	2.56	14.4	11.2	3.84	10.4	23110.4	1528.45
8	3	9.8	2.35	7.8	7.14	124.8	2.48	13.6	12	4.24	10.4	23110.4	1376.9
8	4	9.8	2.35	7.8	7.14	118.4	2.56	14.4	10.8	3.76	11.2	23110.4	1435
8	5	9.8	2.35	7.8	7.14	114.4	2.56	14.4	10.4	4.4	10.4	23110.4	1080
10	1	9.8	3.19	8.34	7.44	121.6	2.32	14.4	12	4	12.8	22221.6	1312
10	2	9.8	3.19	8.34	7.44	116	2.72	13.6	8	4.08	12	22221.6	1432.376
10	3	9.8	3.19	8.34	7.44	110.4	2.4	14.4	11.6	3.52	9.6	22221.6	1290.352
10	4	9.8	3.19	8.34	7.44	121.6	2.48	13.6	11.6	3.68	11.2	22221.6	1344.8
10	5	9.8	3.19	8.34	7.44	129.6	2.56	14.4	9.6	3.92	11.2	22221.6	1080
11	1	7.99	2.82	8.49	7.84	123.2	2.72	12.8	12	4	11.2	19555.2	1280
11	2	7.99	2.82	8.49	7.84	116	2.48	12.8	10.8	2.8	6.4	19555.2	1397.44
11	3	7.99	2.82	8.49	7.84	113.6	2.56	12	9.6	3.36	11.2	19555.2	1258.88
11	4	7.99	2.82	8.49	7.84	121.6	2.56	12.8	11.2	4.08	11.2	19555.2	1312
11	5	7.99	2.82	8.49	7.84	126.4	2.56	12.8	9.6	3.6	10.4	19555.2	1080
12	1	11.2	3.76	4.27	2.41	121.6	2.24	14.4	11.0	4.24	11.2	23555.2	1492
12	2	11.2	3.76	4.27	2.41	120	2.08	14.4	8.8	4	10.4	23555.2	1628.891
12	3	11.2	3.76	4.27	2.41	116	2.8	13.6	10.8	3.52	10.4	23555.2	1467.382

continua...

Continuación Cuadro A4

12	4	11.2	3.76	4.27	2.41	108	2.88	14.4	10.4	3.2	10.4	23555.2	1529.3
12	5	11.2	3.76	4.27	2.41	113.6	2.72	14.4	9.6	3.2	10.4	23555.2	1080
13	1	11.5	2.14	6.79	6.28	131.2	1.92	11.2	11.6	4.48	12.8	22666.4	1516
13	2	11.5	2.14	6.79	6.28	126.4	2.24	11.2	12.8	4.4	11.2	22666.4	1655.093
13	3	11.5	2.14	6.79	6.28	130.4	2.48	12.8	12.8	3.84	11.2	22666.4	1490.986
13	4	11.5	2.14	6.79	6.28	121.6	2.56	11.2	11.6	3.76	9.6	22666.4	1553.9
13	5	11.5	2.14	6.79	6.28	133.6	2.32	11.2	12	4.08	13.6	22666.4	1080
14	1	10.0	1.09	4.42	2.52	113.6	2.48	12.8	11.6	3.92	12	25777.6	1240
14	2	10.0	1.09	4.42	2.52	112	2.32	12.8	10	3.68	10.4	25777.6	1353.77
14	3	10.0	1.09	4.42	2.52	110.4	2.16	12.8	9.6	3.84	12	25777.6	1219.54
14	4	10.0	1.09	4.42	2.52	115.2	2.56	13.6	8.8	3.68	8.8	25777.6	1271
14	5	10.0	1.09	4.42	2.52	111.2	2.32	12.8	11.6	4.4	12.8	25777.6	1080
15	1	11.0	3.40	6.22	6.30	93.6	2.08	12.8	12	4.16	12	19555.2	1188
15	2	11.0	3.40	6.22	6.30	89.6	1.84	12.8	9.2	2.88	12	19555.2	1296.999
15	3	11.0	3.40	6.22	6.30	91.2	1.92	12	9.2	3.52	11.2	19555.2	1168.398
15	4	11.0	3.40	6.22	6.30	100.8	2.08	12.8	10.4	3.44	9.6	19555.2	1217.7
15	5	11.0	3.40	6.22	6.30	94.4	2.24	12	12.8	3.84	11.2	19555.2	1080
17	1	11.4	3.84	7.24	6.88	72	2	11.2	9.6	3.36	9.6	23110.4	1072
17	2	11.4	3.84	7.24	6.88	73.6	2.16	12	10.4	3.52	9.6	23110.4	1170.356
17	3	11.4	3.84	7.24	6.88	71.2	2.24	12	6.4	3.2	8.8	23110.4	1054.312
17	4	11.4	3.84	7.24	6.88	78.4	2.16	11.2	8	3.28	9.6	23110.4	1098.8
17	5	11.4	3.84	7.24	6.88	76.8	2.24	11.2	9.6	3.68	9.6	23110.4	1080
18	1	11.4	3.84	7.24	6.88	78.4	2.72	12	11.2	3.44	11.2	22221.6	1259
18	2	11.4	3.84	7.24	6.88	73.6	2.32	12.8	10.4	3.36	9.6	22221.6	1374.5133
18	3	11.4	3.84	7.24	6.88	84	2.8	12	9.6	3.2	8.8	22221.6	1238.2265
18	4	11.4	3.84	7.24	6.88	72	2.56	12	10.4	3.52	8.8	22221.6	1290.475
18	5	11.4	3.84	7.24	6.88	90.4	2.56	13.6	11.2	3.6	11.2	22221.6	1080
19	1	7.0	3.78	4.87	3.88	62.4	2.32	11.2	10.8	3.36	10.4	20888.8	1108
19	2	7.0	3.78	4.87	3.88	60.8	2.08	10.4	8.8	3.92	9.6	20888.8	1209.659
19	3	7.0	3.78	4.87	3.88	65.6	2.16	12	10.4	3.2	10.4	20888.8	1089.718
19	4	7.0	3.78	4.87	3.88	75.2	2.16	11.2	10.4	3.6	11.2	20888.8	1135.7
19	5	7.0	3.78	4.87	3.88	66.4	2.4	12	8.8	3.2	10.4	20888.8	1080
20	1	10.8	2.52	2.08	1.90	81.6	2.72	12	7.2	3.44	10.4	24000	1076
20	2	10.8	2.52	2.08	1.90	86.4	2.48	12	9.2	3.12	6.4	24000	1174.723
20	3	10.8	2.52	2.08	1.90	80	2.24	11.2	8	3.2	9.6	24000	1058.246
20	4	10.8	2.52	2.08	1.90	84	2.48	12	10.8	4	9.6	24000	1102.9
20	5	10.8	2.52	2.08	1.90	86.4	2.64	12	10.4	3.2	10.4	24000	1080
21	1	9.7	2.02	2.11	2.04	89.6	2.32	11.2	10.4	3.44	10.4	23555.2	950
21	2	9.7	2.02	2.11	2.04	81.6	2.16	10.4	8.8	3.84	13.6	23555.2	1037.1625
21	3	9.7	2.02	2.11	2.04	86.4	2.48	10.4	8.8	3.36	9.6	23555.2	934.325
21	4	9.7	2.02	2.11	2.04	88	2.16	12	10.8	3.6	9.6	23555.2	973.75
21	5	9.7	2.02	2.11	2.04	73.6	2.08	11.2	9.6	4	10.4	23555.2	1080
22	1	10.6	2.97	2.43	1.89	79.2	2.4	15.2	9.6	4	9.6	19110.4	1008
22	2	10.6	2.97	2.43	1.89	73.6	2.24	15.2	7.2	3.36	9.6	19110.4	1100.484
22	3	10.6	2.97	2.43	1.89	105.6	2.32	15.2	9.6	3.44	10.4	19110.4	991.368
22	4	10.6	2.97	2.43	1.89	106.4	2.24	14.4	10.4	3.76	12	19110.4	1033.2
22	5	10.6	2.97	2.43	1.89	83.2	2.48	15.2	11.2	3.28	8.8	19110.4	1080
23	1	5.0	2.20	5.14	5.61	98.4	2.56	12.8	8	2.88	7.2	18666.4	854
23	2	5.0	2.20	5.14	5.61	105.6	2.32	12.8	8.8	3.36	11.2	18666.4	932.3545
23	3	5.0	2.20	5.14	5.61	100.8	2.24	13.6	7.2	3.44	8.8	18666.4	839.909
23	4	5.0	2.20	5.14	5.61	110.4	2.4	13.6	8.4	3.44	11.2	18666.4	875.35
23	5	5.0	2.20	5.14	5.61	100	2.48	13.6	8.8	4	10.4	18666.4	1080
24	1	11.2	2.38	7.36	6.6	107.2	2.24	13.6	14	4.16	12.8	21777.6	1370
24	2	11.2	2.38	7.36	6.6	110.4	2	13.6	12	3.68	11.2	21777.6	1495.6975
24	3	11.2	2.38	7.36	6.6	105.6	1.84	12.8	10.4	4.4	14.4	21777.6	1347.395
24	4	11.2	2.38	7.36	6.6	115.2	1.92	13.6	8	3.68	8	21777.6	1404.25
24	5	11.2	2.38	7.36	6.6	118.4	2.32	13.6	11.2	3.92	10.4	21777.6	1080

BIBLIOTECA Agronomía U.A.N.I.

Cuadro A5. Análisis de Varianza para rendimiento de grano en función de la humedad en cuatro etapas fenológicas en maíz Blanco Hualahuises. Fco. Villa, Dgo. 1994.

Fuente	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F	Prob>F
Modelo(H1)	1	0.94880	0.94880	1.624	0.2165
Error	21	12.27272	0.58442		
C Total	22	13.22152			
Modelo(H2)	1	1.09355	1.09355	1.894	0.1833
Error	21	12.12797	0.57752		
C Total	22	13.22152			
Modelo(H3)	1	0.84608	0.84608	1.436	0.2442
Error	21	12.37545	0.58931		
C Total	22	13.22152			
Modelo(H4)	1	0.40715	0.40715	0.667	0.4232
Error	21	12.81437	0.61021		
C Total	22	13.22152			

Cuadro A6. Análisis de Varianza para rendimiento de grano en función de la combinación de humedad en dos etapas fenológicas en maíz Blanco Hualahuises. Fco. Villa, Dgo. 1994.

Fuente	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F	Prob>F
Modelo(H1,H2)	2	1.80576	0.90288	1.582	0.2303
Error	20	11.41576	0.57079		
C Total	22	13.22152			
Modelo(H2,H3)	2	1.25423	0.62712	1.048	0.3691
Error	20	11.96729	0.59836		
C Total	22	13.22152			
Modelo(H3,H4)	2	1.08025	0.54012	0.890	0.4264
Error	20	12.14128	0.60706		
C Total	22	13.22152			

Cuadro A7. Análisis de Varianza para rendimiento de grano en función de la combinación de la humedad en tres etapas fenológicas en maíz Blanco Hualahuisés. Fco. Villa, Dgo. 1994.

Fuente	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F	Prob>F
Modelo(H1,H2,H3)	3	1.81174	0.60391	1.006	0.4119
Error	19	11.40978	0.60051		
C Total	22	13.22152			
Modelo(H2,H3,H4)	3	1.42919	0.47640	0.768	0.5263
Error	19	11.79233	0.62065		
C Total	22	13.22152			

Cuadro A8. Análisis de Varianza para rendimiento de grano en función de la combinación humedad en cuatro etapas fenológicas en maíz Blanco Hualahuisés. Fco. Villa Dgo. 1994.

Fuente	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F	Prob>F
Modelo(H1,H2,H3,H4)	4	2.23641	0.55910	0.916	0.4759
Error	18	10.98511	0.61028		
C Total	22	13.22152			

Cuadro A9. Análisis de Varianza para rendimiento de grano en función de la humedad en cuatro etapas fenológicas en maíz Blanco Hualahuises. Fco. Villa, Dgo. 1995.

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Prob>F
Modelo(H1)	1	448062.86134	448062.86134	16.514	0.0008
Error	17	461254.48463	27132.61674		
C Total	18	909317.34597			
Modelo(H2)	1	1505.32502	1505.32502	0.028	0.8686
Error	17	907812.02094	53400.70711		
C Total	18	909317.34597			
Modelo(H3)	1	132379.21631	132379.21631	2.897	0.1070
Error	17	776938.12966	45702.24292		
C Total	18	909317.34597			
Modelo(H4)	1	1670.94975	1670.94975	0.031	0.8617
Error	17	907646.39622	53390.96448		
C Total	18	909317.34597			

Cuadro A10. Análisis de Varianza para rendimiento de grano en función de la combinación de humedad en dos etapas fenológicas en maíz Blanco Hualahuises. Fco. Villa, Dgo. 1995.

Fuente	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F	Prob>F
Modelo(H1,H2)	2	472456.39926	236228.19963	8.652	0.0028
Error	16	436860.94671	27303.80917		
C Total	18	909317.34597			
Modelo(H2,H3)	2	138229.19110	69114.59555	1.434	0.2674
Error	16	771088.15487	48193.00968		
C Total	18	909317.34597			
Modelo(H3,H4)	2	317397.68693	158698.84347	4.290	0.0322
Error	16	591919.65903	36994.97869		
C Total	18	909317.34597			

Cuadro A11. Análisis de Varianza para rendimiento de grano en función de la combinación de la humedad en tres etapas fenológicas en maíz Blanco Hualahuises. Fco. Villa, Dgo. 1995.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F	Prob>F
Modelo(H1,H2,H3)	3	500991.07036	166997.02345	6.135	0.0062
Error	15	408326.27560	27221.75171		
C Total	18	909317.34597			
Modelo(H2,H3,H4)	3	324182.86885	108060.95628	2.770	0.0779
Error	15	585134.47711	39008.96514		
C Total	18	909317.34597			

Cuadro A12. Análisis de Varianza para rendimiento de grano en función de la combinación de humedad en cuatro etapas fenológicas en maíz Blanco Hualahuises. Fco. Villa Dgo. 1995.

Fuente	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F	Prob>F
Modelo(H1,H2,H3,H4)	4	574987.06444	43746.76611	6.019	0.0049
Error	14	334330.28153	23880.73440		
C Total	18	909317.34597			

Cuadro A13. Análisis de Varianza para rendimiento de grano en función de la humedad en cuatro etapas fenológicas en maíz H-412. Fco. Villa, Dgo. 1994.

Fuente	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F	Prob>F
Modelo(H1)	1	0.68530	0.68530	3.158	0.0900
Error	21	4.55670	0.21699		
C Total	22	5.24199			
Modelo(H2)	1	1.43417	1.43417	7.909	0.0104
Error	21	3.80782	0.18132		
C Total	22	5.24199			
Modelo(H3)	1	0.00028	0.00028	0.001	0.9738
Error	21	5.24172	0.24961		
C Total	22	5.24199			
Modelo(H4)	1	0.01132	0.01132	0.045	0.8332
Error	21	5.23067	0.24908		
C Total	22	5.24199			

Cuadro A14. Análisis de Varianza para rendimiento de grano en función de la combinación de humedad en dos etapas fenológicas en maíz H-412. Fco. Villa, Dgo. 1994.

Fuente	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F	Prob>F
Modelo(H1,H2)	2	1.72723	0.86362	4.914	0.0184
Error	20	3.51476	0.17574		
C Total	22	5.24199			
Modelo(H2,H3)	2	1.76106	0.88053	5.059	0.0167
Error	20	3.48093	0.17405		
C Total	22	5.24199			
Modelo(H3,H4)	2	0.04222	0.02111	0.081	0.9223
Error	20	5.19977	0.25999		
C Total	22	5.24199			

Cuadro A15 Análisis de Varianza para rendimiento de grano en función de la combinación de la humedad en tres etapas fenológicas en maíz H-412. Fco. Villa, Dgo. 1994.

Fuente	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F	Prob>F
Modelo(H1,H2,H3)	3	1.88440	0.62813	3.554	0.0340
Error	19	3.35759	0.17672		
C Total	22	5.24199			
Modelo(H2,H3,H4)	3	2.06464	0.68821	4.115	0.0208
Error	19	3.17735	0.16723		
C Total	22	5.24199			

Cuadro A16. Análisis de Varianza para rendimiento de grano en función de combinación de humedad en cuatro etapas fenológicas en maíz H-412. Fco. Villa Dgo. 1994.

Fuente	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F	Prob>F
Modelo(H1,H2,H3,H4)	4	2.11830	0.52957	3.052	0.0439
Error	18	3.12369	0.17354		
C Total	22	5.24199			

Cuadro A17. Análisis de Varianza para rendimiento de grano en función de la humedad en cuatro etapas fenológicas en maíz H-412. Fco. Villa, Dgo. 1995.

Fuente	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F	Prob>F
Modelo (M1)	1	131267.05263	131267.05263	7.590	0.0130
Error	18	311296.41566	17294.24531		
C Total	19	442563.46829			
Modelo (M2)	1	10853.35936	10853.35936	0.453	0.5097
Error	18	431710.10893	23983.89494		
C Total	19	442563.46829			
Modelo (M3)	1	90156.49242	90156.49242	4.605	0.0458
Error	18	352406.97587	19578.16533		
C Total	19	442563.46829			
Modelo (M4)	1	41080.93379	41080.93379	1.842	0.1915
Error	18	401482.53450	22304.58525		
C Total	19	442563.46829			

Cuadro A18. Análisis de Varianza para rendimiento de grano en función de la combinación de humedad en dos etapas fenológicas en maíz H-412. Fco. Villa Dgo. 1995.

Fuente	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F	Prob>F
Modelo (M1, M2)	2	135279.32888	67639.66444	3.742	0.0450
Error	17	307284.13941	18075.53761		
C Total	19	442563.46829			
Modelo (M2, M3)	2	94218.77410	47109.38705	2.299	0.1307
Error	17	348344.69419	20490.86436		
C Total	19	442563.46829			
Modelo (M3, M4)	2	146151.37473	73075.68736	4.191	0.0331
Error	17	296412.09356	17436.00550		
C Total	19	442563.46829			

Cuadro A19. Análisis de Varianza para rendimiento de grano en función de la combinación de humedad en tres etapas fenológicas en maíz H-412. Fco. Villa, Dgo. 1995.

Fuente	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F	Prob>F
Modelo(H1,H2,H3)	3	220228.21223	73408.07074	5.283	0.0101
Error	16	222339.25606	13896.20350		
C Total	19	442563.46829			
Modelo(H2,H3,H4)	3	151058.23535	50352.74512	2.764	0.0759
Error	16	291505.23295	18219.07706		
C Total	19	442563.46829			

Cuadro A20. Análisis de Varianza para rendimiento de grano en función de combinación de humedad en cuatro etapas fenológicas en maíz H-412. Fco. Villa, Dgo. 1995.

Fuente	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F	Prob>F
Modelo(H1,H2,H3,H4)	4	236830.12752	59207.53188	4.317	0.0160
Error	15	205733.34077	13715.55605		
C Total	19	442563.46829			

Cuadro A21. Análisis de Varianza para rendimiento de grano en función de la combinación de humedad en dos etapas fenológicas y densidad de población en maíz Blanco Hualahuises y H-412. Fco. Villa, Dgo. 1994-1995.

Fuente	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F	Prob>F
Modelo(H1,H2,DP)	3	7.09421	2.36474	7.333	0.0018
Error	19	6.12731	0.32249		
C Total	22	13.22152			
Modelo(H1, DP)	2	465552.13	232776.06	8.393	0.0032
Error	16	443765.21	27735.32		
C Total	18	909317.34			
Modelo(H1,H2,DP)	3	2.46223	0.82074	5.610	0.0063
Error	19	2.77976	0.14630		
C Total	22	5.24199			
Modelo(H1, DP)	2	131299.94	65649.97	3.586	0.0502
Error	17	311263.51	18309.61		
C Total	19	442563.46			

Cuadro A22 . Pruebas de "T" para los coeficientes de regresión relacionando humedad a la siembra(H1), diferenciación floral(H2), antesis(H3) y a llenado de grano(H4) en los genotipos de maíz Blanco Hualahuisés(BH) Y H-412. Fco. Villa, Dgo. 1994-1995.

Variable	GI	Parámetro Estimado	error estándar	T para H0: Parámetro=0	Prob > T
BH(94)					
H1	1	0.187265	0.14697054	1.274	0.2165
H2	1	0.293626	0.21338213	1.376	0.1833
H3	1	0.233776	0.19510427	1.198	0.2442
H4	1	0.192404	0.23554670	0.817	0.4232
BH(95)					
H1	1	113.803721	28.00482285	4.064	0.0008
H2	1	14.702350	87.56793479	0.168	0.8686
H3	1	43.520343	25.57120324	1.702	0.1070
H4	1	4.823352	27.26472577	0.177	0.8617
412(94)					
H1	1	0.260405	0.14652987	1.777	0.0900
H2	1	0.267583	0.09514537	2.812	0.0104
H3	1	-0.007791	0.23405809	-0.033	0.9738
H4	1	-0.059831	0.28063058	-0.213	0.8332
412(95)					
H1	1	47.930086	17.39727168	2.755	0.0130
H2	1	29.186417	43.38689253	0.673	0.5097
H3	1	33.942503	15.81726361	2.146	0.0458
H4	1	22.962393	16.91975528	1.357	0.1915

Cuadro A23 . Pruebas de "T" para los coeficientes de regresión relacionando humedad a la siembra(H1) y diferenciación floral (H2) en los genotipos de maíz Blanco Hualahuises(BH) y H-412. Fco. Villa, Dgo. 1994-1995.

Variable	Gl	Parámetro Estimado	error estándar	T para H0: Parámetro=0	Prob > T
BH(94)					
H1	1	0.163666	0.14651830	1.117	0.2772
H2	1	0.262204	0.21399128	1.225	0.2347
BH(95)					
H1	1	121.603586	29.27993491	4.153	0.0007
H2	1	-61.685132	65.26114974	-0.945	0.3586
H-412(94)					
H1	1	0.176067	0.13634233	1.291	0.2113
H2	1	0.235812	0.09684537	2.435	0.0244
H-412(94)					
H1	1	46.969819	17.90230604	2.624	0.0178
H2	1	17.861878	37.91205526	0.471	0.6435

Cuadro A24 . Pruebas de "T" para los coeficientes de regresión relacionando humedad a la siembra(H1), diferenciación floral(H2) y densidad de población(DP) en los genotipos de maíz Blanco Hualahuises(BH) Y H-412. Fco. Villa, Dgo. 1994-1995.

Variable	Gl	Parámetro Estimado	error estándar	T para H0: Parámetro=0	Prob > T
BH (94)					
H1	1	0.199370	0.11048416	1.805	0.0870
H2	1	0.249998	0.16087669	1.554	0.1367
DEN	1	0.000177	0.00004383	4.050	0.0007
BH (95)					
H1	1	115.570275	31.58763724	3.659	0.0023
H2	1	-52.613800	68.37329416	-0.770	0.4535
DEN	1	0.010318	0.01745193	0.591	0.5632
H-412 (94)					
H1	1	0.202198	0.12494637	1.618	0.1221
H2	1	0.229454	0.08840902	2.595	0.0178
DEN	1	0.000063704	0.00002842	2.241	0.0371
H-412 (95)					
H1	1	47.130011	18.88512701	2.496	0.0239
H2	1	17.856639	39.07713400	0.457	0.6538
DEN	1	-0.000531	0.01331588	-0.040	0.9687

Cuadro A25. Valores observados y predichos por el modelo de regresión que combina rendimiento de grano, humedad a la siembra(H1), humedad a diferenciación floral(H2) y densidad de población en maíz Blanco Hualahuisés. Fco. Villa, Dgo. 1994.

Obs	Valor obs.	Valor Pred.	Err. est. predicho	L.I. 95% media	L.S.95% media	L.I.95% Predicho	L.S. 95% Predicho
1	3.0922	2.5971	0.316	1.9356	3.2586	1.2368	3.9574
2	2.4492	2.4861	0.311	1.8348	3.1375	1.1308	3.8415
3	2.4031	1.6072	0.226	1.1334	2.0809	0.3276	2.8867
4	1.0853	0.6558	0.318	-0.0097	1.3213	-0.7064	2.0180
5	0.9520	0.9959	0.290	0.3897	1.6020	-0.3384	2.3301
6	0.9521	1.1692	0.251	0.6430	1.6954	-0.1307	2.4690
7	1.0127	1.4134	0.263	0.8624	1.9644	0.1033	2.7235
8	1.8706	1.7742	0.174	1.4098	2.1386	0.5310	3.0174
9	1.0367	1.6160	0.143	1.3172	1.9148	0.3904	2.8416
10	1.6213	2.0863	0.175	1.7211	2.4516	0.8429	3.3298
11	2.0191	1.7801	0.201	1.3587	2.2014	0.5190	3.0411
12	3.0624	2.1514	0.197	1.7400	2.5627	0.8936	3.4091
13	2.7359	2.1632	0.165	1.8188	2.5076	0.9257	3.4007
14	2.1560	2.6086	0.188	2.2142	3.0031	1.3563	3.8610
15	1.7083	1.4114	0.316	0.7510	2.0719	0.0517	2.7712
16	3.0332	2.9750	0.255	2.4417	3.5083	1.6723	4.2777
17	1.5040	2.2812	0.189	1.8866	2.6758	1.0288	3.5335
18	0.9467	1.8967	0.224	1.4279	2.3654	0.6190	3.1743
19	2.2774	2.3205	0.152	2.0033	2.6377	1.0903	3.5507
20	2.8522	2.3768	0.305	1.7376	3.0159	1.0272	3.7263
21	2.2684	2.4358	0.245	1.9225	2.9491	1.1411	3.7305
22	0.8500	1.6720	0.179	1.2982	2.0458	0.4260	2.9180
23	2.5259	1.9408	0.208	1.5060	2.3757	0.6752	3.2065

Cuadro A26. Valores observados y predichos por el modelo de regresión que combina rendimiento de grano, humedad a la siembra (H1), humedad a diferenciación floral(H2) y densidad de población en maíz Blanco Hualahuises. Fco. Villa, Dgo. 1995.

Obs	Valor obs.	Valor Pred.	Err. est. predicho	L.I. 95% media	L.S.95% media	L.I.95% Predicho	L.S. 95% Predicho
1	976.0	959.6	97.678	752.6	1166.7	550.3	1368.9
2	928.0	941.6	94.317	741.6	1141.5	535.8	1347.3
3	1236.1	1403.4	66.439	1262.5	1544.2	1023.3	1783.5
4	1064.1	1200.0	42.954	1108.9	1291.0	835.4	1564.6
5	1464.1	1370.9	51.683	1261.3	1480.5	1001.2	1740.5
6	988.0	1169.2	41.193	1081.9	1256.6	805.5	1532.9
7	1156.1	1491.7	74.908	1332.9	1650.5	1104.6	1878.8
8	935.0	1001.8	75.483	841.8	1161.8	614.2	1389.4
9	1454.1	1410.0	63.703	1275.0	1545.1	1032.0	1788.0
10	962.0	1010.2	95.242	808.3	1212.1	603.5	1416.9
11	1304.1	1253.3	61.382	1123.2	1383.4	877.0	1629.6
12	1500.1	1174.2	43.276	1082.4	1265.9	809.4	1538.9
13	1600.1	1394.3	75.408	1234.5	1554.2	1006.8	1781.9
14	1450.1	1287.3	81.539	1114.4	1460.1	894.2	1680.4
15	1112.1	1205.6	52.505	1094.3	1316.9	835.4	1575.8
16	1120.1	1220.2	48.471	1117.4	1322.9	852.5	1587.9
17	1468.1	1321.9	53.567	1208.3	1435.4	951.0	1692.8
18	1204.1	1231.4	40.354	1145.8	1316.9	868.1	1594.6
19	1456.1	1331.8	46.093	1234.1	1429.5	965.4	1698.1

Cuadro A27. Valores observados y predichos por el modelo de regresión que combina rendimiento de grano, humedad a la siembra (H1), humedad a diferenciación floral(H2) y densidad de población en maíz H-412. Fco. Villa, Dgo. 1994.

Obs	Valor obs.	Valor Pred.	Err. est. predicho	L.I. 95% media	L.S.95% media	L.I.95% Predicho	L.S. 95% Predicho
1	2.1202	2.2415	0.180	1.8650	2.6181	1.3569	3.1262
2	2.0900	2.4340	0.190	2.0361	2.8318	1.5400	3.3279
3	2.4391	2.3490	0.142	2.0508	2.6472	1.4947	3.2033
4	1.5900	2.0113	0.154	1.6900	2.3326	1.1487	2.8740
5	2.2506	1.8278	0.140	1.5347	2.1208	0.9753	2.6803
6	1.8324	1.7903	0.221	1.3272	2.2534	0.8654	2.7152
7	2.3110	2.5798	0.187	2.1887	2.9708	1.6888	3.4707
8	2.7720	2.0596	0.129	1.7900	2.3291	1.2149	2.9043
9	2.2037	1.9539	0.159	1.6203	2.2874	1.0866	2.8212
10	2.0476	2.0284	0.160	1.6943	2.3625	1.1609	2.8959
11	2.0199	2.0436	0.100	1.8336	2.2537	1.2160	2.8713
12	1.9210	1.8614	0.126	1.5968	2.1259	1.0182	2.7045
13	3.1317	2.5822	0.189	2.1869	2.9775	1.6894	3.4750
14	2.1511	1.4974	0.141	1.2032	1.7917	0.6445	2.3504
15	2.0520	1.9820	0.105	1.7619	2.2022	1.1517	2.8123
16	1.4906	1.6861	0.124	1.4262	1.9460	0.8444	2.5278
17	1.2833	1.7784	0.091	1.5880	1.9689	0.9555	2.6014
18	1.4465	1.3561	0.196	0.9468	1.7653	0.4570	2.2552
19	1.6440	1.7266	0.142	1.4284	2.0249	0.8723	2.5809
20	1.3780	1.6695	0.204	1.2415	2.0975	0.7617	2.5773
21	1.2040	1.8632	0.198	1.4481	2.2783	0.9614	2.7649
22	1.8022	1.6302	0.149	1.3177	1.9428	0.7708	2.4896
23	1.2522	1.4809	0.154	1.1587	1.8030	0.6179	2.3438

Cuadro A28. Valores observados y predichos por el modelo de regresión que combina rendimiento de grano, humedad a la siembra (H1), humedad a diferenciación floral(H2) y densidad de población en maíz H-412. Fco. Villa, Dgo. 1995.

Obs	valor obs.	Valor Pred.	Err. est. predicho	L.I. 95% media	L.S.95% media	L.I.95% Predicho	L.S. 95% Predicho
1	1200.1	1267.9	38.241	1187.3	1348.6	971.3	1364.6
2	1482.2	1307.4	60.736	1179.3	1435.5	994.5	1620.3
3	1282.1	1265.5	54.197	1151.1	1379.8	958.0	1573.0
4	1141.0	1107.0	71.230	956.7	1257.3	784.4	1429.6
5	1229.6	1212.4	70.428	1063.8	1361.0	890.6	1534.3
6	1364.1	1218.6	34.562	1145.7	1291.5	924.0	1513.3
7	1291.9	1219.1	30.702	1154.3	1283.9	926.4	1511.8
8	1265.7	1133.5	50.330	1027.3	1239.7	828.9	1438.1
9	1439.5	1285.2	42.153	1196.3	1374.2	986.2	1584.2
10	1459.2	1300.6	42.446	1211.1	1390.2	1001.4	1599.8
11	1232.9	1226.8	58.991	1102.3	1351.2	915.3	1538.2
12	1190.2	1278.3	50.094	1172.6	1384.0	973.9	1582.7
13	1095.1	1295.6	42.305	1206.3	1384.8	996.5	1594.7
14	1248.4	1219.1	30.702	1154.3	1283.9	926.4	1511.8
15	1124.6	1085.2	59.389	959.9	1210.5	773.4	1396.9
16	1098.4	1266.2	42.355	1176.9	1355.6	967.1	1565.4
17	995.0	1213.6	38.017	1133.4	1293.8	917.0	1510.1
18	1042.6	1259.3	50.730	1152.3	1366.3	954.4	1564.2
19	916.3	990.2	94.671	790.5	1189.9	641.8	1338.6
20	1339.5	1286.7	39.162	1204.1	1369.3	989.5	1583.9

